Forschung und Entwicklung, Unternehmensgröße und Technischer Fortschritt in der Eisen- und Stahlindustrie

- eine empirische Untersuchung -

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung des akademischen Grades eines
Doktors der Wirtschaftswissenschaft (doctor rerum oeconomicarum)
der Rechts- und Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät
der Universität des Saarlandes

vorgelegt von:

Diplom-Kaufmann

Hans Latz

1971

Forschung und Entwicklung, Unternehmensgröße und Technischer Fortschritt in der Eisen- und Stahlindustrie

– eine empirische Untersuchung –

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung des akademischen Grades eines
Doktors der Wirtschaftswissenschaft (doctor rerum oeconomicarum)
der Rechts- und Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät
der Universität des Saarlandes

vorgelegt von:

Diplom-Kaufmann

Hans Latz

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Tag der Disputation: 28.6.1971

Dekan: Prof. Dr. K. Gecks

Berichterstatter: Prof. Dr. O. H. Poensgen
Prof. Dr. W. Kilger

Meinem verehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. O. H. Poensgen möchte ich für zahlreiche Anregungen und Ratschläge sowie für sein Verständnis während dieser Zeit danken.

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
Einleitung	1
1. Kapitel: Meßprobleme und Stand der Diskussion in der Literatur	3
I. Probleme der Messung der Forschungs- und Entwicklungstätigkeit	3
1. Bestimmung und Abgrenzung des Begriffs "Forschung und Entwicklung"	3
2. Grundsätzliche Möglichkeiten zur Messung des F & E - Prozesses	6
3. Quantifizierungs- und Bewertungsproblem bei der Messung des Outputs der F & E - Tätigkeit	9
4. Quantifizierungs- und Bewertungsprobleme bei der Inputmessung des F & E - Prozesses	13
5. Zusammenfassende Diskussion	17
II. Stand der Diskussion zum Problem Unternehmensgröße und technischer Fortschritt	19
1. Die Theorie Schumpeters und seiner Anhänger - kritische Analyse	19
2. Empirische Untersuchungen und ihre Ergebnisse	25
3. Technischer Fortschritt und optimale Unternehmensgröße	37
2. Kapitel: Deskriptive Untersuchung der F & E - Tätigkeit in der westdeutschen Eisen- und Stahlindustrie	41

Seite

I. Ziel, Aufbau und Methoden 41

1. Ziel der deskriptiven Untersuchung 41

2. Aufbau und Methoden, Datenerfassung und Datenauswertung 41

II. Die ökonomisch technische Struktur der Eisen- und Stahlindustrie. 43

1. Skizzierung wichtiger Bestimmungsfaktoren für das Niveau der F & E - Tätigkeit 43

11. Die Unternehmensstruktur 45

12. Konzentrationsgrad 49

13. Wettbewerb 53

14. Technologische Basis 56

III. Motive, Zielsetzungen und Organisation von Forschung und Entwicklung in den befragten Unternehmen 59

1. Motive und Zielsetzungen der F & E - Tätigkeit 59

2. Art der Forschungs- und Entwicklungstätigkeit 66

3. Organisation von Forschung und Entwicklung 74

IV. Die Entwicklung der F & E - Ausgaben in der Eisen- und Stahlindustrie im Vergleich mit der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung und der Entwicklung in einzelnen Industriezweigen 88

1. Die gesamtwirtschaftliche Entwicklung der F & E - Ausgaben 88

2. Die Entwicklung der F & E - Aktivität in der Eisen- und Stahlindustrie von 1962 - 1968

3. Die F & E - Aktivität der Eisen- und Stahlindustrie im Vergleich mit ausgewählten Industriezweigen 92

Seite

V. Die Erwartungen der Unternehmen in die F & E - Tätigkeit in der Eisen- und Stahlindustrie 96

1. Analyse wichtiger Branchendaten 1962 - 1968 96

2. Der Erfolg der F & E - Anstrengungen in den befragten Unternehmen 108

3. Kapitel: Analytische Untersuchung der F & E - Aktivität in bezug auf die Unternehmensgröße in der Eisen- und Stahlindustrie 110

I. Ziele und Methoden

1. Ziele der analytischen Untersuchung 110

2. Hypothesenauswahl 111

3. Auswahl- und Beurteilungskriterien 111

4. Schätzmethoden

II. F & E - Aktivität und Unternehmensgröße 116

1. Quantifizierung der Funktionstypen 116

2. F & E - Ausgaben und Unternehmensgröße 121

3. F & E - Intensität und Unternehmensgröße 134

4. Die Brauchbarkeit der Linearitätshypothese 153

5. Interpretation der Ergebnisse 159

III. Die "Rate of Return" 165

1. Darstellung des Modells 165

2. Analyse des Modells 171

3. Die ökonometrische Schätzung der "Rate of Return" 174

4. Auswertung und Interpretation der Ergebnisse 181

5. Die modellbedingten Prämissen 188

Schlußbemerkungen 188

Einleitung:

Über die Bedeutung von Forschung und Entwicklung ist in den letzten Jahren in zunehmendem Maße aus unterschiedlichster Sicht heraus diskutiert und geschrieben worden. Einmütigkeit besteht darüber, daß das zukünftige Wachstum der Volkswirtschaft und somit der Unternehmen entscheidend mitbestimmt wird durch die Forschungsanstrengungen der Gegenwart. Eine entscheidende Bedeutung kommt hierbei der Industrie und damit jedem einzelnen Unternehmen zu, denn bei einem Vergleich der Gesamtforschungsaufwendungen der einzelnen Volkswirtschaften innerhalb der westlichen Welt zeigt es sich, daß etwa zwei Drittel dieser Aufwendungen von der Industrie getragen werden.

Die Erkenntnis, daß die industrielle Forschung und Entwicklung innerhalb der Volkswirtschaft eine bedeutende Rolle spielt, hat zur Ausnutzung dieses Tatbestandes seitens der Unternehmen geführt. So ist es z.B. in Mode gekommen mit dem Forschungsaufwand zu werben. Eine weit wichtigere Bedeutung hat der Forschungs- und Entwicklungsaufwand in der Diskussion um die Unternehmenskonzentration erlangt. Von seiten der Unternehmen - vor allen der fussionswilligen Unternehmen - wird immer argumentiert, nur große und größte Unternehmenseinheiten seien in der Lage, effiziente Forschung und Entwicklung zu treiben, um somit wirksam der "amerikanischen Herausforderung" zu begegnen.

Die vorliegende empirische Untersuchung versucht eine Antwort auf folgende Fragen zu finden:

1. Welche Motive und Zielsetzungen veranlassen die Unternehmen der Eisen- und Stahlindustrie, Forschung und Entwicklung zu betreiben? Ergeben sich Unterschiede aufgrund der Unternehmensgröße in bezug auf die Organisation, die Zielsetzungen und die Erwartungen der F & E - Aktivitäten?

2. Wie verhalten sich die F & E - Aufwendungen der Unternehmen zur Unternehmensgröße? Läßt sich eine eindeutige Entscheidung zugunsten der größten Unternehmen fällen?

3. Wie hoch ist die Rentabilität der Forschungs- und Entwicklungsausgaben? Läßt sich ein Zusammenhang zwischen Unternehmensgröße und Rentabilität nachweisen?

Ausschlaggebend für die Wahl der westdeutschen Eisen- und Stahlindustrie als Untersuchungsgegenstand war die Tatsache, daß in diesem Industriezweig eine starke Unternehmenskonzentration stattgefunden hat und eine noch zunehmende Konzentration für die Zukunft erwartet wird.

Es erwies sich als zweckmäßig, zu Beginn der Untersuchung auf Probleme der Messung des F & E - Prozesses und auf bereits durchgeführte Untersuchungen ähnlicher Art und deren Ergebnisse einzugehen. Die empirische Untersuchung baut zum größten Teil auf einer von uns durchgeführten Primärerhebung auf, die mittels deskriptiver und analytischer statistischer Methoden auf die Problemstellung hin ausgewertet wurde.

1. Kapitel: Meßprobleme und Stand der Diskussion in der Literatur.

I Probleme der Messung der Forschungs- und Entwicklungsfähigkeit.

1.Bestimmung und Abgrenzung des Begriffs "Forschung und Entwicklung"

Der Begriff "Forschung und Entwicklung" ist ein weiter und vielschichtiger Begriff, der einer Bestimmung und Abgrenzung bedarf, um in der nachfolgenden Untersuchung von praktischen Nutzen zu sein.

Im folgenden wird Forschung und Entwicklung (abgekürzt F & E) in Anlehnung an den internationalen Sprachgebrauch als ein Begriff benutzt, im Gegensatz zu der in der Praxis öfters anzutreffenden Meinung, daß der Begriff "Entwicklung" ein Oberbegriff zur Forschung sei, der von der Grundlagenforschung bis zur ersten Erprobung reiche.

Forschung und Entwicklung wird als ein geistiger Prozeß zur systematischen Gewinnung neuen naturwissenschaftlich - technischen Wissens verstanden. Hierdurch erfolgt eine Einengung des Begriffs auf die technischen Gebiete des Unternehmens, obwohl auch auf anderen Gebieten, vor allem der kaufmännischen Verwaltung und Vertriebes, Forschung und Entwicklung betrieben werden kann. Als Beispiel sei hier nur die Marktforschung erwähnt. Im folgenden schließen wir uns der Definition von Mellerowicz[1] an, der den Begriff wie folgt bestimmt:

> "Unter Forschung und Entwicklung verstehen wir die gesamte betriebliche Tätigkeit, die darauf gerichtet ist, dem Unternehmen neue Kenntnisse für mögliche neue oder verbesserte Erzeugnisse, neue oder verbesserte Verfahren und neue Anwendungsmöglichkeiten zu gewinnen und nutzbar zu machen. Sie reicht von der Grundlagenforschung bis zur Entwicklung fabrikationsreifer Erzeugnisse und Verfahren und der Erforschung neuer Anwendungsmöglichkeiten für die Erzeugnisse."

---

[1] K. Mellerowicz: Forschung und Entwicklung als betriebswirtschaftliches Problem, Freiburg i.B. 1958, S. 10
Vgl. auch: G. Schätzle: Forschung und Entwicklung als unternehmerische Aufgabe, Köln und Opladen 1965, S. 9 - 20.

Nach Mellerowicz[1] ist das Problem der Neuheit vom Standpunkt des einzelnen Unternehmens aus zu beurteilen, d.h. hierzu zählen auch die Anstrengungen, die F & E - Ergebnisse anderen Unternehmen zu verfolgen und zu analysieren und für das eigene Unternehmen nutzbar zu machen. Zur Forschung zählen alle Aufgaben, zu deren Lösung es noch keine konkreten Vorbilder und eigene Erfahrungen gibt. Ziel ist es, Neuentwicklungen zu ermöglichen; Aufgabe der Forschung ist es, die Voraussetzungen für diese Neuentwicklungen zu schaffen.

Die Forschung wird wiederum unterteilt in

a) Grundlagenforschung

b) Angewandte Forschung

Nach der Definition des Stifterverbandes[2] ist Grundlagenforschung

> "das Bemühen um Erweiterung des menschlichen Wissens und Verständnisses in freier persönlicher Verantwortung des Forschens. Die Suche nach Wahrheit und Wissen um des Wissen selbst willen, ohne Rücksicht auf praktische Anwendung und wirtschaftliche Nutzbarkeit, losgelöst von jeglicher geschäftlicher Überlegung. Der Drang nach neuartigen Erkenntnissen, deren Art, Umfang und Konsequenz bei Beginn nicht vorauszusetzen sind."

Diese Definition der Grundlagenforschung ist nicht geeignet, industrielle Forschungsprojekte zu klassifizieren, weil Unternehmen kaum Forschung "der Forschung wegen" betreiben, sondern sich stets an bestimmten Zielvorstellungen orientieren werden.

Die Aufgabe der Grundlagenforschung besteht für einen Industriebetrieb in der Erforschung und Sammlung von Naturgesetzen und der Analyse der von ihnen ausgehenden Wirkungen. Die Ergebnisse der Grundlagenforschung zeichnen sich fast immer dadurch aus, daß sie nicht direkt verwertet werden können, d.h. sie führen nicht unmittelbar zu neuen oder verbesserten Produkten oder Produktionsverfahren.

---

1) K. Mellerowicz: Forschung und Entwicklung als ..... a. a. O. S. 10

2) Vademecum, deutscher Lehr- und Forschungsstätten, Hrsg. Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft, Essen 1964, Seite 287

Die Ergebnisse der Grundlagenforschung können als Input für die folgende angewandte Forschung betrachtet werden. Somit können wir die Grundlagenforschung "als das Suchen nach theoretisch bedeutsamen, jedoch nicht unmittelbar praktisch anwendbaren naturwissenschaftlichen Kenntnissen" bezeichnen.[4)]

Die Aufgaben der Angewandten Forschung sind jeweils auf festumrissene faktische Ziele gerichtet (daher auch Zweckforschung). Schon bei der Aufgabenstellung steht ein gewisses Anwendungsgebiet fest. Die Aufgaben der Angewandten Forschung lassen sich immer einer bestimmten Produktgruppe oder, wenn es sich um Verfahrensforschung handelt, bestimmten Produktbereichen zuordnen, was ein wesentlicher Unterschied zur Grundlagenforschung bedeutet. Das Ziel der Angewandten Forschung besteht häufig darin, patentfähige Erfindungen zu erarbeiten. Die Trennung in Grundlagenforschung und Angewandte Forschung ist in der Praxis oft recht problematisch.

Der Begriff Entwicklung gliedert sich in Neu- und Weiterentwicklung. Aufgabe der Neuentwicklung ist es, die Ergebnisse der Angewandten Forschung produktionsreif zu machen, d.h. über Modellanfertigungen, Tests, Umänderungen, Nullserie etc. versucht man ein marktgängiges Endprodukt zu gewinnen. Unter Weiterentwicklung versteht man die Aufgaben, die erforderlich werden, um bereits vorhandene Produkte bzw. Verfahren auf den jeweils neuesten Stand der Anforderungen zu bringen. Hierbei bedient man sich bereits bekannter und angewandter Erkenntnisse auf diesen Gebieten.

Nicht unter den Begriff Forschung und Entwicklung fallen Materialprüfung und Qualitätskontrolle, obwohl beide Tätigkeiten organisatorisch in einigen Fällen von den F & E - Abteilungen wahrgenommen werden. Materialprüfung und Qualitätskontrolle haben die Aufgabe, den Produktionsprozeß zu überwachen und zu kontrollieren und sind für die Qualität der hergestellten Produkte verantwortlich.

---

4) K. Berthold: Forschung und Entwicklung in der deutschen Großindustrie, Mannheim 1968, als Manuskript veröffentlicht, Seite 152.

2. Grundsätzliche Möglichkeiten zur Messung des F & E Prozesses.

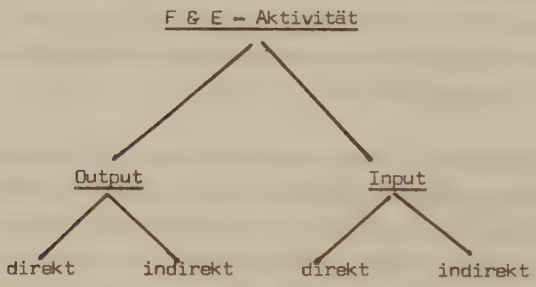
Ein wichtiges Problem, das bei empirischen Untersuchungen gelöst werden muß, ist die Frage, wie die zu untersuchenden Größen gemessen werden können. Ziel des ersten Kapitels der vorliegenden Arbeit ist es, die theoretisch möglichen Alternativen kritisch darzustellen und sie hinsichtlich ihrer Brauchbarkeit für empirische Untersuchungen zu überprüfen.

Grundsätzlich lassen sich zwei Möglichkeiten zur Messung der F & E - Tätigkeit unterscheiden. Eine Messung läßt sich theoretisch
a) vom Produktionsergebnis
b) vom Faktoreinsatz
her durchführen.

Beide Alternativen lassen sich wiederum theoretisch auf direkte und indirekte Weise messen (Vgl. Abb. 1).

Abb. 1

Möglichkeiten zur Messung der F & E - Aktivität



Die direkte Messung versucht das Meßproblem produktionstheoretisch analog der Theorie zur Herstellung materieller Güter zu erfassen und zu analysieren. Dabei soll eine Antwort auf die Frage gefunden werden, inwieweit für die Produktion neuen technischen Wissens allgemeingültige Gesetzmäßigkeiten wie etwa das Ertragsgesetz bei der Produktion materieller Güter Gültigkeit besitzen könnte. [1]

---

1) G. Schätzle: Forschung und Entwicklung als unternehmerische Aufgabe,

Ob und inwieweit eine direkte Messung überhaupt sinnvoll möglich ist, wird im nächsten Abschnitt untersucht.

Wie aus Abb. 1 weiter zu ersehen ist, können die In- und Outputseite auch durch indirekte Größen quantifiziert werden, d.h. man verwendet zur Messung Hilfsgrößen.

Bei dem Versuch, die Ausbringungsmenge des Forschungs- und Entwicklungsprozesses direkt zu messen, stellt sich sofort die Frage nach einer sinnvollen Einheit zur Quantifizierung des technischen Wissens. Für den Bereich der industriellen Forschungs- und Entwicklungstätigkeit bietet sich die Erfindung als Maßeinheit an, wobei unter Erfindung eine neue Kombination bereits verfügbarem Wissen verstanden wird. [1)]

---

1) S. Kusnets: Inventive Activity: Problems of Definition and Measurement; in: National Bureau: The Rate and Direction of Inventive Activity, Princeton 1962, S. 19

Kusnets grenzt Erfindung und Know-how wie folgt ab: "Inventive activity is limited in the following discussion to action concerned with technical inventions, yielding new products to be turned out and new devices to be used in economic production."

Vgl. dazu: G. Schätzle: Forschung und Entwicklung ... a. a. O. Kap. Grundlagenforschung, Angewandte Forschungs- und Entwicklungstätigkeit. Seite 24 - 35

Zur Messung der Ausbringung auf indirekte Weise bieten sich vier Verrechnungseinheiten an: [1]

1. "Die Kosten der Erzeugung einer Erfindung
2. Die volkswirtschaftliche Bedeutung einer Erfindung
3. Die betriebswirtschaftliche Bedeutung einer Erfindung.
4. Die Bedeutung für die technische Entwicklung"

Wie jede andere Produktionstätigkeit läßt sich Forschung und Entwicklung als Kombinationsprozeß verstehen, wobei die menschliche Arbeit, die Betriebsmittel, d.h. die Versuchsapparaturen etc., und mit Einschränkungen das bisherige Wissen die wesentlichen Produktionsfaktoren sind. ("Produktionstheoretisch und im Rahmen einer kurzfristigen Analyse handelt es sich bei allen drei Faktoren um Potentialfaktoren, d.h. sie stellen ein Bündel von Leistungen dar, wobei die Leistungsabgabe von der Intensität abhängt, mit der diese Faktoren pro Zeiteinheit beansprucht werden. Aus diesem Grund kommt als Maßeinheit nur das Leistungspotential je Zeiteinheit in Betracht").[2] Zur indirekten Messung des F & E - Inputs bieten sich 2 Maßeinheiten an, und zwar einmal die Ausgaben für Forschung und Entwicklung pro Periode und zum anderen, die in der F & E - Abteilung beschäftigten Arbeitskräfte.

---

1) G. Schätzle: a. a. O. Seite 50

2) G. Schätzle: a. a. O. Seite 62

3. Quantifizierungs- und Bewertungsprobleme bei der Messung des Output der F & E - Tätigkeit

Bei dem Versuch, allgemeingültige Gesetzmäßigkeiten für die Produktion von neuem Wissen nachzuweisen, ist die Existenz einer homogenen Ausbringungseinheit von großer Bedeutung. Wie bereits oben erwähnt bietet sich im industriellen Bereich die Erfindung als Maßeinheit an. Es stellt sich jedoch sofort die Frage, ob sich eine einzelne Erfindung eindeutig isolieren und bestimmen läßt. Dazu soll zunächst eine Bestimmung und Abgrenzung des Begriffs Erfindung herausgearbeitet werden. Der Begriff muß sowohl in vertikaler Richtung vom Grundlagenwissen und dem Know-how und in horizontaler Richtung, d.h. es muß eine Rangordnung für die einzelnen Erfindungen erarbeitet, bestimmt und abgegrenzt werden. Die Abgrenzung einer einzelnen Erfindung gegenüber dem bisherigen Stand des Wissens ist äußerst problematisch, weil der Gesichtspunkt, von dem man die Abgrenzung vornimmt bei der Bearbeitung des Schwierigkeitsgrades einer Erfindung eine entscheidende Rolle spielt [1].

Nimmt man hypothetisch an, eine Erfindung lasse sich eindeutig isolieren und bestimmen, ist als nächstes das Problem der Quantifizierung des Wissens zu lösen. Die größte Schwierigkeit ist dabei darin zu sehen, daß Erfindungen, auch patentreife Erfindungen, von unterschiedlicher Art sind, denn eine Erfindung kann im ökonomischen Sinn nicht einer anderen gleichgesetzt werden[2]. Es liegt in der Natur von Erfindungen begründet, daß sie sich von allem bisherigen Wissen unterscheiden und somit vom Wesen her vollkommen heterogen sind.

Jede einzelne Erfindung ist von spezifischer Art und Qualität und die Differenz der Qualitätsunterschiede läßt sich weder quantifizieren noch qualifizieren. Daraus folgt, daß die mengenmäßige Erfassung der

---

[1] G. Schätzle: a. a. O. Seite 58

[2] S. Kusnets: Problems of Definition and Measurement ... a. a. O. S. 37

Ausbringung von Forschung und Entwicklung einer direkten Messung nicht zugänglich gemacht werden kann, da sich unterschiedlich Qualitäten mengenmäßig nicht sinnvoll addieren lassen[1].

Eine produktionstheoretische Analyse der Zusammenhänge und die damit verbundene Aufgabe der Ableitung allgemeingültiger Gesetzmäßigkeiten für den Forschungs- und Entwicklungsprozeß scheitert, wie oben kurz skizziert wurde, an einer direkten mengenmäßigen Erfassung der Ausbringung der industriellen Forschungs- und Entwicklungstätigkeit. Die Gewichtung einer Erfindung nach ihrem Schwierigkeitsgrad oder nach ihrem Beitrag zum technischen Fortschritt muß stets unvollkommen und einseitig sein, weil sich der Beitrag zum technischen Fortschritt nicht a priori vorausschätzen läßt, denn Erfindungen können in ihrer Bedeutung auch von Erfindungen auf Konkurrenzgebieten abhängig sein. Zusätzlich stellt sich das Problem, wie z.B. eine "Grunderfindung" gegenüber Verbesserungserfindungen zu bewerten ist, da in der Mehrzahl der Fälle Verbesserungserfindungen ein Verfahren erst wirtschaftlich werden lassen.

Aufgrund der Tatsache, daß eine direkte Messung der Ausbringung des Forschungs- und Entwicklungsprozesses z.Z. ökonomisch nicht sinnvoll durchzuführen ist, soll nun untersucht werden, inwieweit eine indirekte Messung zu annähernd befriedigenden Ergebnissen führen kann, um in einer empirischen Untersuchung verwendet werden zu können. Voraussetzung für die Brauchbarkeit indirekter Meßzahlen ist, daß diese Größen, die eine Erfindung messen sollen, in kausaler Beziehung zur Qualität der Erfindung stehen.

Die Messung der Ausbringung des F & E - Prozesses an den entstandenen Kosten scheidet aus, da es ja das Ziel der Analyse ist, die Abhängigkeit der Ausbringung von den Faktoreinsatzmengen zu ermitteln, die, multipliziert mit ihren Preisen die Kosten ergeben.

---

[1] G. Schätzle: a. a. O. Seite 59

Das Benutzen der volkswirtschaftlichen Bedeutung[1] einer Erfindung, die sich theoretisch in einer Steigerung des Volkseinkommens aufgrund der Nutzung der Erfindung ausdrücken müßte, scheitert einmal daran, daß keine solchen Werte zur Verfügung stehen; zum anderen ist die Steigerung des Volkseinkommens eine Globalgröße, deren Ursache von so vielen Faktoren abhängig ist, daß eine Steigerung oder der Anteil der Steigerung am Volkseinkommen einer isolierten, einzelnen Erfindung nicht zurechenbar ist. Dieselben Zurechnungsprobleme treten auf, wenn man versucht, den privat-wirtschaftlichen Ertrag bzw. Gewinn, den ein Unternehmen aus dem Besitz und der Nutzung einer Erfindung erwirtschaftet, als Meßzahl für die Bedeutung einer Erfindung zu verwenden. Auch hier spielen so viele Faktoren zusammen, die in keinem Zusammenhang mit der Größe und Qualität einer Erfindung stehen. Es läßt sich kein logisch zwingender Zusammenhang zwischen Faktoreneinsatzmengen und Ausbringungsmenge, gemessen am Gewinn, nachweisen, auch wenn aufgrund der Erfindung eine Monopolstellung erzielt wird, weil diese Monopolstellung ebenfalls von den verschiedensten Faktoren beeinflußt werden kann[2].

Als letzte Möglichkeit bleibt noch, die "Erfindungsmenge" am Beitrag zur technischen Entwicklung zu messen. Dieser Versuch scheitert daran, daß es a priori keine objektiven Kriterien zur Ermittlung des Schwierigkeitsgrades gibt, nach dem eine Erfindung qualifiziert werden könnte. Die Aufstellung einer Rangordnung zur ordinalen Messung einer Erfindung genügt nicht zur Quantifizierung der Ausbringung von Forschung und Entwicklung, wenn eine einigermaßen zufriedenstellende Entscheidungshilfe gegeben werden soll[3].

---

1) Die Argumentationen folgen in Anlehnung an G. Schätzle, a. a. O. S. 58 ff

2) ebenda

3) G. Schätzle: a. a. O. Seite 53

Abschließend zum Kapitel über die Messung der Ausbringung des Forschungs- und Entwicklungsprozesses sollen noch einige Bemerkungen über die Patentstatistiken gemacht werden. In der Literatur gibt es einige Ansätze, die Patente als Maßzahl für die Ausbringung benutzen [1]. Die Vorteile von Patentstatistiken liegen darin, daß ein Patent erst angenommen wird, wenn es gewissen Anforderungen hinsichtlich seiner technischen Qualität genügt und wenn sichergestellt ist, daß dieselbe Erfindung nicht schon patentiert wurde. Außerdem kann wohl davon ausgegangen werden, daß in den Fällen, in denen ein Patentschutz angestrebt wird, zumindest große Erwartungen hinsichtlich der Rentabilität dieser Erfindung bestehen werden, d.h. die Einnahmen werden mit einiger Wahrscheinlichkeit die Ausgaben übersteigen. Dennoch haben unseres Erachtens Patentstatistiken nur begrenzte Aussagekraft. Einmal sind Patente in starkem Maße abhängig von der Unternehmenspolitik. Unternehmen A läßt zum Beispiel alles patentieren, was patentfähig ist, Unternehmen B dagegen läßt Erfindungen nur in Ausnahmefällen patentieren, um einmal nicht die Aufmerksamkeit der Konkurrenten auf sich zu ziehen und zum anderen die Gefahr der Imitation durch Konkurrenz möglichst gering zu halten.

Hier taucht das Problem der Identifikation und Bewertung in gleichem Maße wie bei Erfindungen auf; auch hier läßt sich dieses Problem kaum zufriedenstellend lösen. Es sei nur darauf hingewiesen, daß in vielen Fällen ein Patent nur im Zusammenhang mit einer ganzen Serie von Patenten ökonomisch sinnvoll nutzbar ist, das Patent für sich allein betrachtet jedoch fast wertlos sein kann [2].

Des weiteren hat die Verlagerung vom Einzelerfinder zur organisierten Industrieforschung die Bedeutung des Patentschutzes dahingehend vermindert, daß bestehende Unternehmen nicht so stark auf Patentschutz

---

1) E. F. Penrose: The Economics of International Patent Systems, Baltimore 1951, Seite 30 f

2) S. Kusnets: a. a. O. S. 62.

d.h. überhaupt auf die Patentierung, angewiesen sind wie die Einzelerfinder [1].

Aus dem oben gesagten muß gefolgert werden, daß Patente unter technischen und ökonomischen Aspekten sehr unterschiedlich sind, und ein einheitlicher Maßstab zur Beurteilung noch fehlt. Man wird nicht einmal annehmen können, daß der durchschnittliche Wert einer größeren Zahl von Patenten zu verschiedenen Zeiten gleich hoch ist[2]. Außerdem erfassen Patente nur eine Phase der Produktion von Wissen: Grundlagenforschung und Entwicklungstätigkeit werden nicht erfaßt.

Trotz dieser Einschränkungen bieten Patentstatistiken eine Möglichkeit, den F & E - Prozeß vom Produktionsergebnis zu messen, wenn Informationen hinsichtlich des Wertes der einzelnen Patente und der Patentpolitik der betreffenden Unternehmen zur Verfügung stehen. Da diese Daten nicht zu erhalten waren, scheidet diese Möglichkeit zur Messung der F & E - Aktivität für die empirische Untersuchung aus.

4. Quantifizierungs- und Bewertungsprobleme bei der Inputmessung des F & E - Prozesses.

Der bedeutendste Produktionsfaktor zur Herstellung neuen technischen Wissens ist die menschliche Arbeitskraft. Im Gegensatz zur materiellen Güterproduktion ist die Qualität des Faktors Arbeit im Bereich von Forschung und Entwicklung jedoch überaus heterogen. Vor allem die "subjektiven Bedingungen optimaler Ergiebigkeit menschlicher Arbeitsleistung [3] spielen eine wichtige Rolle. Die Unterschiede

---

1) M. Seymour: The Impact of the Patent System on Research; Study Nr. 11 of Subcommitte on Patents; Trademarks and Copyrights of the Committe on the Judiciary, US Senate, Washinton 1958; bes. S. 24 u. 31

2) S. Kusnets: a. a. O. Seite 38

3) Vgl. E. Gutenberg: Die Produktion, Berlin, Heidelberg, New York 1969, 16. Auflage, S. 11 - 29

in der Qualität einzelner Forscher resultiert vor allem aus ihren verschiedenen schöpferischen Talenten, der Erfinderfähigkeit. Die Erfinderfähigkeit ist im wesentlichen ein psychologisches Problem, das bisher noch kaum untersucht wurde. Schätzle [1] weist in seiner Untersuchung darauf hin, daß trotz eines gewissen Grades der Gleichartigkeit der Ausbildung in bezug auf die Vermittlung des bisherigen Wissenstandes und der Forschungsmethoden, die Ausbildung die besonderen Qualitäten eines Erfinders nicht ersetzen kann. Auch die Tendenz zur Teamarbeit kann das schöpferische Talent nicht ersetzen. "Durch die Ausbildung kann zwar eine stärkere Homogenität der Leistungsfähigkeit erzielt werden, für analytische Zwecke sind die Unterschiede jedoch noch zu groß, als daß man von dem Faktor Arbeit ausgehen könnte" [2].

Durch die starke Tendenz zur Teamarbeit ist es für die Effizienz von Forschung und Entwicklung von großer Bedeutung, ein homogenes Team zu haben. Sucht man z. B. einen Forscher für eine bestimmte Aufgabe, so legt man heute neben seiner wissenschaftlichen Qualifikation auch großen Wert auf seine Anpassungsfähigkeiten, d.h. man prüft, inwieweit der betreffende Forscher aufgrund seiner Veranlagung in das bestehende Team hineinpaßt. Ein Team aus Individualisten wird selten erfolgreich sein.

Es ist davon auszugehen, daß jedes Forscherteam einen eigenständigen Produktionsfaktor darstellt. Lediglich für den Bereich der Hilfsdienste, die im Rahmen der organisierten, industriellen Forschung und Entwicklung erheblich an Gewicht zugenommen haben, wird man von einer gewissen Gleichartigkeit des Faktors Arbeit sprechen können. "Die Heterogenität des Faktors Arbeit, die in der Struktur jeden Forscherteams wurzelt, erschwert es naturgemäß sehr, allgemeine Aussagen über das Verhalten des Faktors Arbeit im Produktionsprozess zur Gewinnung neuer Erkenntnisse zu machen." [3]

---

[1] G. Schätzle, a. a. O. Seite 65

[2] G. Schätzle, a. a. O. Seite 66

[3] G. Schätzle, a. a. O. Seite 66

Das wesentliche Identifikationsproblem besteht darin, daß die erfinderische Tätigkeit von einer gewissen, relativ seltenen Kapazität des menschlichen Geistes abhängt, und es stellt sich die Frage, ob es dafür Substitute gibt. Ist es möglich, die Leistungen einer hochqualifizierten Person durch gemeinsame Anstrengungen einiger, weniger hochqualifizierter Personen zu erbringen? Anders formuliert, kann eine Arbeitsstunde einer Person mit dem x-ten Niveau durch n Arbeitsstunden einer Person mit dem y-ten Niveau ausgeglichen werden? [1]

Diese Frage kann man ganz generell verneinen; eine Substitution kommt höchstens für den Bereich in Betracht, in dem ein Mindestniveau für erfinderische Tätigkeit erreicht ist. Personen überhalb dieses Mindestniveaus können gewissermaßen dieselbe Leistung bringen, auch wenn sie verschiedenen Niveaus angehören, jedoch in unterschiedlichen Zeiten. Wird der Niveauunterschied jedoch wieder zu groß, so läßt sich dieser Unterschied nicht mehr durch größeren Zeitaufwand kompensieren. Generell läßt sich sagen, daß die Fähigkeit zur Schaffung von grundsätzlich neuem Wissen nur innerhalb ganz enger Grenzen substituiert werden kann. Wo die Grenzen liegen, läßt sich nicht sagen.

Zur quantitativen Erfassung ist es erforderlich, eine Skala zu entwerfen, um die Arbeitsstunden der erfinderischen Tätigkeit messen und addieren zu können. Die Arbeitszeit eines jeden Forschers müßte mit einem Faktor der erfinderischen Befähigung gewichtet werden. Nach Lösung dieses Problems bleibt immer noch das Problem der Bewertung, Wie soll z. B. die Stunde erfinderischer Tätigkeit im Vergleich zu anderen Ressourcen wie Material und Versuchsapparaturen bewertet werden? Nach Kusnets [2]

---

1) S. Kusnets: a. a. O. S. 31

2) S. Kusnets: a. a. O. S. 31 f

ist die Qualität und die Produktivität des Faktors "erfinderische Tätigkeit" äußerst schwierig zu bestimmen, weil ein Markt dafür fehlt. Anhaltspunkte könnten vielleicht die Gehälter sein, die man bereit ist, für einen bestimmten Forscher zu zahlen. Eine allgemeine Gesetzmäßigkeit zwischen In- und Output läßt sich jedoch nicht daraus ableiten, weil man einfach a priori nicht sagen kann, 10 Stunden Forschertätigkeit des Forschers mit dem y-ten Niveau bringen ein bestimmtes Resultat, einfach weil das Ergebnis sich nicht a priori quantifizieren läßt.

Eine Messung der F & E - Tätigkeit auf direkte Weise für analytische Untersuchungen ist heute noch mit so großen Schwierigkeiten verbunden, daß es zweckmäßig erscheint, die zu untersuchenden Größen indirekt zu messen, um auf diese Weise zu brauchbaren Ergebnissen zu gelangen, die zu einer besseren Planung der F & E - Tätigkeit ohne Zweifel von Vorteil wären.

Zwei Methoden sind zur Zeit gebräuchlich, den F & E - Input zu messen:

a) die Ausgaben für Forschung und Entwicklung pro Periode
b) die durchschnittliche Beschäftigung in den F & E - Abteilungen eines Unternehmens pro Periode.

Das schwierigste Problem bei der Messung der Arbeitskräfte ist das Problem der "Teilzeit-Beschäftigten"- Personen, die sowohl Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten als auch andere Tätigkeiten während der Arbeitszeit ausüben. Das Frascati-Handbuch [1] schlägt zur Lösung des Problems die Einführung des Begriffes des "Ganzzeit-Äquivalents" (full-time equivalent) vor. Beispielsweise kann eine Forschungsabteilung 80 Wissenschaftler und Techniker beschäftigen, die effektiv während der gesamten Arbeitszeit in

---

1) Frascati-Handbuch: Wissenschaft und Wirschaft.
OECD: Allgemeine Richtlinien für statistische Übersichten in Forschung und Entwicklung; 1966 D S. 14 f

Forschung und Entwicklung beschäftigt sind; daneben beschäftigt die Abteilung noch 15 Personen, die 2/3 der Arbeitszeit auf Forschung und Entwicklung verwenden und 1/3 der Arbeitszeit für die technische Kundenberatung. Die "Ganzzeit-Äquivalent-Beschäftigung" von Wissenschaftlern und Technikern entspricht in diesem Fall 90 Beschäftigten. Wichtig bei der Erfassung der Arbeitskräfte ist eine Differenzierung in einzelne Kategorien. Das Frascati-Handbuch [1] unterscheidet drei Hauptkategorien:

a) Qualifizierte Wissenschaftler und Ingenieure bzw. Arbeitskräfte mit entsprechender Ausbildung
b) Techniker
c) Anderes Hilfspersonal.

Das mit der Leitung (Management) und Verwaltung der Forschungs- und Entwicklungsarbeiten betraute Personal sollte durchweg mit erfaßt werden, jedoch als getrennte Kategorie.

Eine weitere Möglichkeit, die Forschungs- und Entwicklungstätigkeit von der Inputseite her zu messen, sind die jährlichen Ausgaben für diesen Bereich. Die F & E - Ausgaben lassen wieder die Personalausgaben und Sachausgaben untergliedern. Praktische Probleme entstehen dadurch, daß einmal der Begriff Forschung und Entwicklung von Unternehmen zu Unternehmen unterschiedlich interpretiert werden kann und zum anderen, wie die Ausgaben oder unter welcher Position die Ausgaben verbucht werden. Es ist festzustellen, daß die Dinge - vor allem in früheren Jahren - mit einer gewissen Willkür gehandhabt wurden.

5. Zusammenfassende Diskussion

Wie die vorangegangenen Erörterungen gezeigt haben, ist es zur Zeit noch äußerst problematisch, den Forschungs- und Entwicklungsprozeß direkt quantitativ zu erfassen. Dies ist letztlich auch die Ursache dafür, daß sich allgemeingültige produktionstheoretische

---

1) Frascati-Handbuch a. a. O. S. 14

Zusammenhänge für den Forschungs- und Entwicklungsprozeß noch nicht ableiten lassen. Ein derartiger Versuch scheitert einmal an der Heterogenität der durch Forschung und Entwicklung erzeugten Ausbringung, zum anderen führt die Heterogenität des wichtigsten Produktionsfaktors, die menschliche Arbeitskraft, zu einer Vielzahl von Produktionsbeziehungen, "die trotz der homogenisierenden Wirkung der Ausbildung und der Teamarbeit noch nicht beseitigt werden können. Um die Bildung von Gruppen mit gleicher Qualität zu ermöglichen, fehlen zur Zeit noch brauchbare Kriterien" [1].

Um das Problem einer empirischen Untersuchung zugänglich zu machen, ist es zur Zeit noch zweckmäßig, sich auf eine indirekte Messung der F & E - Aktivität zu stützen. Da auch starke Bedenken gegen die Verwendung von Patentstatistiken, vor allem bei nicht ausreichenden Informationen, bestehen, werden die zu messenden Variablen in der folgenden empirischen Untersuchung durch indirekte Maßgrößen erfaßt. Das Schwergewicht liegt dabei auf den F & E - Ausgaben und, soweit die Informationen erhältlich waren, bei der Erfassung der F & E - Beschäftigten. Genaue Informationen über die Höhe der F & E - Ausgaben und die Zahl der F & E - Beschäftigten können wertvolle Entscheidungshilfen sein, wenn bei der Analyse der Ergebnisse die Grenzen ihrer Aussagekraft berücksichtigt werden.

---

[1] G. Schätzle: a. a. O. Seite 79

II. Stand der Diskussion zum Problem Unternehmensgröße und technischer Fortschritt.

1. Die Theorie Schumpeters und seiner Anhänger - kritische Analyse

Die Diskussionen über die Beziehung zwischen Unternehmensgröße, gemessen am Marktanteil, und technischem Fortschritt sind so alt wie die Wirtschaftswissenschaften selbst. Schon die Klassiker waren sich einig, daß der technische Fortschritt eine tragende Rolle im kapitalistischen Wirtschaftssystem spielt, weil er als das wichtigste dynamische Element des Systems gilt.

Nach Schumpeter[1] ist der Kapitalismus "von Natur aus eine Form oder Methode der ökonomischen Veränderungen und ist nicht nur nie stationär, sondern kann es auch niemals sein. Der fundamentale Antrieb, der die kapitalistische Maschine in Bewegung setzt und in Bewegung hält, kommt von den neuen Konstruktionen, von den neuen Produktions- und Transportmethoden, den neuen Märkten, den neuen Formen der industriellen Organisation, welche die kapitalistische Unternehmung schafft."

Aufgrund der Erkenntnis, daß der technische Fortschritt ein sehr wesentlicher Faktor für das zukünftige wirtschaftliche Wachstum darstellt, gilt es die optimalen Bedingungen für Neuerungen, d.h. den technischen Fortschritt, zu fixieren und zu schaffen. Es gilt die Marktkonstellation zu finden, die als maximales Stimulans für das Erfinden von Neuerungen - im weitesten Sinn des Begriffs - wirkt.
In seinem 1942 erschienenen Buch "Kapitalismus, Sozialismus und Demokratie" untersucht Schumpeter[2] die Relationen zwischen Unternehmensgröße, Wettbewerb und technischen Fortschritt.

---

1) J.A. Schumpeter: Kapitalismus, Sozialismus und Demokratie, Bern 1950, Seite 136 f

2) J. A. Schumpeter a. a. O. Seite 134 ff

Sein Werk ist fast ein Lobgesang auf die Großunternehmung und die monopolistische Marktform.

> "Sobald wir auf Einzelheiten eingehen und die einzelnen Posten untersuchen, bei welchen der technische Fortschritt am deutlichsten gewesen ist, führt die Spur nicht zu jenen Unternehmen, die unter den Bedingungen der verhältnismäßig freien Konkurrenz arbeiten, sondern ausgerechnet zu den Toren großer Konzerne, und es dämmert uns der schreckliche Verdacht, daß die Großunternehmung vielleicht mehr mit der Erhöhung als mit der Niedrighaltung des technischen Fortschritts zu tun gehabt hat". 1)

In seiner Wettbewerbskonzeption der "schöpferischen Zerstörung" ermöglichen nur monopolistische Marktformen jene unaufhaltsame technische Entwicklung, die er den "ewigen Sturm" nennt. Schumpeter wendet sich vor allem gegen die von den Klassikern vertretene Meinung, daß die Marktform der vollkommenen Konkurrenz die optimalen Bedingungen für die ständige fortschreitende technische Entwicklung garantiert. Nach seiner Meinung ist die Einführung neuer Produktionsmethoden und neuer Produkte bei einer von Anfang an vollkommenen Konkurrenz kaum denkbar..Die Prämisse der unendlich schnellen Reaktionsgeschwindigkeit, d.h. die unendlich schnelle Anpassung an Änderungen im System, macht technischen Fortschritt unmöglich. Aufgrund der Tatsache, daß der technische Fortschritt Zerstörung von Kapitalwerten zur Folge hat, müssen bei vollkommener Konkurrenz die alten Investitionen entweder angepaßt oder aufgegeben werden. Nach Schumpeter wird die von den Klassikern vertretene Meinung, die Großunternehmen suchten Verluste auf ihrem Kapitalkonto dadurch zu bekämpfen, daß sie den Fortschritt selbst bekämpfen, durch die Empirie widerlegt[2]. "Die Großunternehmung oder die große Kontrolleinheit ist als notwendiges Übel zu akzeptieren, das untrennbar mit dem technischen Fortschritt verbunden ist, und das durch die dem Produktionsapparat inhärenten Kräfte an seiner Sabotierung gehindert wird. Wir müssen vielmehr anerkennen, daß die Großunternehmung zum kräftigsten Motor dieses Fortschritts geworden ist."[3]

---

1) J. A. Schumpeter, a. a. O. Seite 135

2) Ebenda, Seite 158

3) Ebenda, Seite 174

Eine exakte Begründung seiner Hypothesen, nämlich, daß die Großunternehmung verbunden oder im Zusammenhang mit einer monopolistischen Marktstruktur notwendige und hinreichende Bedingung für den maximalen Zuwachs an neuem technischen Wissen ist, gibt Schumpeter nicht. Dadurch, daß eindeutig kausale Zusammenhänge in dem vielschichtigen und diffizilen Komplex "Technischer Fortschritt" nur sehr schwierig herauszukristallisieren sind, ist es bedingt, daß die exakte Modelltheorie hier versagen muß. Die erheblichen Schwierigkeiten, die die Erfassung und die exakte Analyse des Problems bereiten, verleiten viele Ökonomen dazu, zu Spekulationen Zuflucht zu nehmen, die tendenziell richtig sein können, ohne aber aus der Modelltheorie heraus bewiesen werden zu können.[1] Schumpeter zeigt Faktoren auf, die ohne weiteres die Überlegenheit der Großunternehmen plausibel erscheinen lassen, eine zwingende Notwendigkeit dazu besteht aber keineswegs.

Die Neoschpeter'schen Theorien von Galbraith und Villard sind hinsichtlich ihrer Formulierung und der daraus zu ziehenden Konsequenzen schärfer gefaßt. J.K. Galbraith versucht in seinem Buch "American Capitalism"[2] die Notwendigkeit großer Unternehmer mit starker Marktposition für den technischen Fortschritt zu beweisen. Nach seiner Darstellung[3] ist eine bedeutende Größe eine notwendige Bedingung für Erfindungen und ihre Entwicklung, weil die Größe die dafür notwendigen finanziellen Mittel im Zusammenhang mit der dazu notwendigen Marktmacht zur Verfügung stellt. Die Frage, welcher Art die Zusammenhänge zwischen Unternehmensgröße und Marktmacht sind, erörtert Galbraith nicht. Der Marktanteil ist für ihn ein Indikator der Marktmacht. Diese Macht gibt dem Unternehmen den nötigen Anreiz zur Forschung, weil ohne die notwendige Marktmacht - nach Auffassung

---

1) A. Reuter: Konzentration und Wirtschaftswachstum; Köln und Opladen 1967; Seite 49 f.

2) J.K. Galbraith: American Capitalism: Boston 1952

3) J.K. Galbraith, Seite 87: "The modern industry of a few large firms is an almost perfect instrument for inducing technical change."

Galbraith - die Forschungsergebnisse nicht in hinreichendem Maße zu verwerten sind. In der Regel erlaubt nur ein hoher Marktanteil, verbunden mit dem dadurch möglichen Preiseinfluß, eine vom Wettbewerb hinreichend gesicherte Verwertung der Forschungsergebnisse[1]. Das Problem, inwieweit ein hoher Marktanteil nicht nur eine notwendige, sondern auch eine hinreichende Bedingung für Inventionen und Innovationen ist, wird von Galbraith nur am Rande behandelt. Er argumentiert lediglich, ein amerikanisches Unternehmen könne es sich nicht leisten, als nicht fortschrittlich zu gelten[2]. Ob und in welchem Ausmaß der Wettbewerb einen Einfluß auf die Schnelligkeit der Einführung des technischen Fortschritts ausübt, wird nicht untersucht. Eine ebenso wichtige Rolle wie der Marktanteil spielt die finanzielle Kraft und Überlegenheit der Großunternehmung in Galbraith's Argumentation. Seine These[3] versucht er durch folgende zwei Argumente zu stützen:

a) die meisten billigen und einfachen Erfindungen sind bereits gemacht. Die Forschungsvorhaben sind heute kostspielig und kompliziert.

b) Die Zahl der von einem Unternehmen durchgeführten Forschungsvorhaben muß so groß sein, daß Erfolge und Mißerfolge sich ausgleichen.

Bei einer kritischen Überprüfung der beiden Argumente muß festgestellt werden, daß keines von beiden ohne weiteres überzeugen kann. Die Behauptung, alle billigen und einfachen Erfindungen seien bereits gemacht, setzt voraus, daß man genau die Richtung kennt, in der sich der technische Fortschritt in Zukunft bewegen wird. Dies zu beurteilen, dürfte einfach nicht möglich sein. Über die grundsätzliche Entwicklung des technischen Fortschritts und des technischen Wissens lassen sich bestenfalls Hypothesen aufstellen, aber keine konkreten Angaben machen[4].

---

1) K.J. Galbraith: a. a. O. Seite 88

2) K.J. Galbraith, Seite 90

3) K.J. Galbraith, a. a. O. Seite 86

4) H.O. Lenel: Die Bedeutung der großen Unternehmen für den technischen Fortschritt Tübingen 1968, Seite 7

Das zweite Argument von Galbraith impliziert die Prämisse, daß Erfindungen simultan gemacht werden. Forschungsprojekte werden aber in sukzessiver Reihenfolge durchgeführt. Ob der Mißerfolg eines Projekts durch die Inangriffnahme weiterer Projekte ausgemerzt werden kann, ist jedoch ungewiß.[1)]

Im Jahre 1958 entfachte Henry Villard[2)] die Diskussionen über die Hypothese Schumpeters erneut. Mit aller Entschiedenheit setzt er sich für die industrielle Organisation des "Bisness und Fewness" ein, die er als "kompetitives Oligopol" deklariert. Nach seinen empirischen Beobachtungen nimmt mit steigender Unternehmensgröße die formal organisierte Forschungs- und Entwicklungstätigkeit zu und konzentriert sich in großen Unternehmen mit mehr als 5.000 Beschäftigten. Diese Feststellung allein kann jedoch nicht als Beweis für die Hypothesen gelten, das "kompetitive Oligopol" sei der stärkste Antrieb des technischen Fortschritts. Seine weitere theoretische Argumentation ähnelt in vielen Punkten der Beweisführung von Galbraith. Sie läßt sich in zwei Punkten zusammenfassen:

a) große Unternehmen können wegen der Diversifikation und ihres längeren Zeithorizontes größere und langwierigere Projekte durchführen als kleine Unternehmen. Die Wahrscheinlichkeit, daß unsichere Forschungs- und Entwicklungsergebnisse in ihre breit gestreuten Produktionsprogramme fallen, sei größer, und ihr Marktanteil sichere ihnen einen größeren Anteil am gesamtwirtschaftlichen Gewinn.
b) Große Oligopolisten werden vom Wettbewerb gezwungen, Forschung und Entwicklung zu betreiben.[3) 4)]

---

1) Vgl. H. O. Lenel: a. a. O.; Lenel gibt eine ausgezeichnete kritische Analyse der Thesen von Galbraith.

2) H. Villard: Competition, Oligopoly and Research, J.P.E. Bd. 66, (1958) Seite 483 - 497.

3) H. Villard: a. a. O. Seite 483 - 497

4) Vgl. E. Kaufer: Die Ökonomie von Forschung und Entwicklung; in: Wettbewerb als Aufgabe; Hrsg.: E. J. Mestmäcker, Berlin-Zürich 1968, Seite 445 ff

Was das Risiko von Forschung und Entwicklung im 20. Jahrhundert betrifft, so bestehen a priori keine zwingenden Gründe zu der Auffassung, sie habe gegenüber dem 19. Jahrhundert zugenommen.[1] Kaufer[2] kommt zu der Schlußfolgerung, daß, wenn a priori Gründe dafür anzuführen sind, diese höchstens darauf hindeuten, daß die Risiken kleiner geworden sind.

Folgende Faktoren sprechen für eine Risikoverminderung der Forschungs- und Entwicklungsvorhaben:[3]

a) Der staatlichen Wirtschaftspolitik, insbesondere der Wachstumspolitik, stehen heute Instrumente zur Verfügung, die ein günstiges Innovationsklima schaffen können.

b) Die wissenschaftliche Basis der Industrie ist heute viel weiter ausgebaut als früher. In den explorativen Phasen der Forschungs- und Entwicklungsprojekte treten heute anstelle der kostspieligen "Trial and error-Methoden" theoretische Überlegungen.

c) Neuartige Testmethoden beschaffen eine Menge damals unerreichbarer Informationen. Dem Management stehen heute viel zuverlässigere Instrumente zur Aufklärung externer Unsicherheiten zur Verfügung.

Aufgrund der Annahme, daß Forschungs- und Entwicklungsprojekte in der Regel kostspieliger geworden sind, läßt sich jedoch nicht zwingend folgern, daß sie risikoreicher geworden sind. Ein Teil der Kostensteigerung kann sogar aus der Tatsache resultieren, das Risiko dadurch zu vermindern, indem man das Projekt länger im Labor hält.[4]

---

1) Vgl. den Überblick von W.P. Strassmann: The Risk of Innovation; in: 20 th Century Manufactoring Methods, S Technology and Culture, Seite 215 - 223 (1964)

2) E. Kaufer: a. a. O. Seite 443

3) E. Kaufer, a. a. O. Seite 443

4) E. Kaufer, a. a. O. Seite 443

2. Empirische Untersuchungen und ihre Ergebnisse in den USA

Die Beziehungen zwischen Unternehmensgröbe, technischem Fortschritt und Marktkonstellation sind ein sehr strittiges Problem unter den Ökonomen. Ein Teil von ihnen schwört auf die industrielle Organisation des "Bigness and Fewness", der andere Teil hält die polypolistische Marktstruktor am geeignesten, den technischen Fortschritt optimal zu stimulieren. In diesem Abschnitt sollen einige empirische Untersuchungen zum Problemkreis "Unternehmensgröße und technischer Fortschritt", die unseres Wissens fast ausschließlich in den USA durchgeführt werden, kurz dargestellt und erläutert werden.

Jakob Schmookler[1] hat nachgewiesen, daß technisches Wissen[2] nach den Gesetzen von Angebot und Nachfrage produziert wird. Anhand von empirischen Daten analysierte er den Zusammenhang zwischen Nachfrage und Forschungs- und Entwicklungstätigkeit. Als Maßstab für die Inventionstätigkeit wählte Schmookler Patente und parallel dazu eine Liste von 1.000 wichtigen Erfindungen, die seit dem Jahr 1800 in der Erdölindustrie, der Papierindustrie, bei der Eisenbahn und in der Landwirtschaft gemacht wurden. Das Investitionsvolumen eines Industriezweiges

---

1) J. Schmookler: Economic Sources of Inventive Activity, in: Economic History, 1, 12, 22. Jg. 1962

2) Der Begriff des technischen Wissens ist äußerst komplex, vgl. dazu:
S. Kuznets: a. a. O. S. 19 ff
G. Prosi: Technischer Fortschritt als mikroökonomisches Problem, Bern 1966, S. 15 ff.
"Forschung erweitert das vorhandene technische Wissen, während Inventionstätigkeit Konzepte entwickelt, wie das bereits vorhandene Wissen in neuer oder besserer Weise genutzt werden kann. Eine Invention tritt erst dann wirksam in den Produktionsprozeß ein, wenn sie zur Marktreife entwickelt und damit in eine Innovation transformiert worden ist. Der F & E - Bereich umfaßt demnach die Gewinnung neuen technischen Wissens, die neuartige Nutzung vorhandenen technischen Wissens durch Inventionen und die Umwandlung der Inventionen in Innovationen.

der eine bestimmte Erfindung nutzt, drückt sich nach Schmookler in der Nachfrage nach Erfindungen im relevanten Bereich der Prozeß-technologien aus.

Schmookler[1] kommt zu dem Ergebnis, daß sich die Trends und langen Zyklen der Zeitreihen für Investitionen (Kapitalgüterprodukt) und Inventionen (Zahl der Patente auf Kapitalgüter) sich in hohem Maße gleichförmig bewegen, jedoch zeigt sich eine Phasenverschiebung in der Weise, daß die Investitionsreihen die Patentreihen zeitlich anführen. Daraus zieht Schmookler den Schluß, daß der S-förmige Verlauf der Patentreihen nicht eine Art Kostengesetz für den Investionsprozeß darstellt, "sondern daß sich in diesem S-förmigen Verlauf eine Interaktion zwischen Nachfrage und technologischem Pontential ausdrückt, die Tatsache also, daß die Nachfrage die Inventionstätigkeit an einem neuen, technologisch reichem Punkt auf der Grenzlinie des technologischen Wissens vorwärts treibt und von anderen Stellen Faktoren abzieht." [2]

Der Beitrag Schmooklers, obwohl er nur indirekt etwas mit der der Arbeit zugrundeliegenden Fragestellung zu tun hat, erscheint uns deshalb wichtig, weil er überzeugend nachweisen kann, daß die Produktion neuen technischen Wissens ebenso eine ökonomische Tätigkeit wie die Produktion der herkömmlichen Wirtschaftsgüter ist, und daß die Inventionstätigkeit und somit der technische Fortschritt von der langfristigen Nachfragekurve bestimmt wird. Die Nachfrage nach Inventionen eliminiert auf diese Weise bestimmte Technologien aus dem Wettbewerb. "Wäre beispielsweise der Verbrennungsmotor nicht erfunden worden, so würden wir heute vermutlich in ausgezeichneten Dampfautos, möglicherweise sogar in sehr funktionsfähigen Elektroautos, fahren."[3]

---

1) J. Schmookler: Economic Sources: a. a. O. 1, 12. (1962)
Vgl. auch: J. Schmookler: Changes in Industry and the State of Knowledge as Derterminants of Industrial Invention, in: R.R. Nelson (Hrsg.) Technology, Economic Growth and Public Policy, The Institution, Washington 1967, Seite 195-232; 216-224.

2) E. Kaufer: a. a. O. Kapitel B. Jakob Schmookler: Beitrag zur ökonomischen Erklärung des Inventionsprogresses S. 406 - 412. Kaufer gibt eine eingenende Analyse der Ergebnisse und Untersuchungen von J. Schmookler. Vgl. auch die dort angegebene Literatur.

3) E. Kaufer: a. a. O. Seite 412

Untersuchungen, die das Problem "Unternehmensgröße und technischer Fortschritt" analysieren, werden von Comanor, Hamberg, Scherer, Mansfield u.a. durchgeführt.

Comanor[1] untersuchte in seiner empirischen Studie den Zusammenhang zwischen Forschungs- und Entwicklungsaktivität und der Unternehmensgröße. Als Maßstab für die F & E - Aktivität eines Unternehmens wählt er einmal die Gesamtzahl der in Forschung und Entwicklung beschäftigten Personen, zum anderen die Zahl der Wissenschaftler und Ingenieure. Die Unternehmensgröße wurde mit Hilfe der Gesamtbeschäftigung gemessen. Im Anschluß an James Worley[2] errechnete Comanor die Forschungs- und Entwicklungselastizität für verschiedene Industriezweige.
Worley postulierte für die Beziehung zwischen Unternehmensgröße (X) und der Forschungs- und Entwicklungsaktivität (Y) folgende Regressionsgleichung:

$$Y = A X^{b}$$

oder

$$\log = \log A + \log X$$

wobei X = Unternehmensgrößenvariable, gemessen durch die durchschnittliche Gesamtbeschäftigung pro Jahr des Unternehmens i

Y = F & E - Aktivität, gemessen einmal durch die durchschnittliche Gesamtbeschäftigung in den F & E - Abteilungen, zum anderen durch die Anzahl der Wissenschaftler und Ingenieure in den F & E - Abteilungen pro Jahre des i-ten Unternehmens.

b = Die Elastizität der Unternehmensgrößenvariable in bezug auf die F & E - Aktivität bzw. die F & E - Intensität, mathematisch definiert als

$$\frac{dY}{dX} \cdot \frac{X}{Y}$$

A = eine Konstante

bedeuten.

---

1) W.S. Comanor: Market Structure, Product Differentiation, and Industrial Research, 81 Q.J.E. Seite 639 - 657 (1967

2) J.W. Worley: Industrial Research and New Competition; J.P.E., Bd. 69; Seite 183 - 186 (1961). Worleys Untersuchung hatte den Nachteil, daß sie nur die 198 größten Forschungslabor der USA erfaßte, die ausschließlich Großunternehmen angehörten. Die kleineren Unternehmen werden überhaupt nicht berücksichtigt, so daß die Ergebnisse nicht sehr aussage-

Betreiben innerhalb eines Industriezweiges die großen Unternehmen relativ mehr Forschung und Entwicklung, so müssen die b-Werte entsprechend größer als 1 sein..

Die Ergebnisse Comanors[1] sind in nachfolgender Tabelle zusammengefaßt:

Tab. 1

Research - Firm Size Elasticities 1)
(Firm size measured by number of employees)

Industry	No. ob Firms	Elasticities	
		Professional Research Pers.	Total Research Pers.
1. Foods 2)	36	1,07 (0,19)	1.12 (0,20)
2. Cigarettes	5	0,85 (0,44)	1,06 (0,60)
3. Textiles	13	0,23 (0,17)	0,41 (0,14)
4. Paper and Allied Products	26	0,59 (0,09)	0,70 (0,09)
5. Industrial Chemicals	23	0,83 (0,12)	0,92 (0,11)
6. Drugs	19	0,53 (0,11)	0,60 (0,13)
7. Soaps and Cosmetics	14	0,70 (0,16)	0,75 (0,18)
8. Petroleum	23	1,11 (0,10)	1,23 (0,10)
9. Tires and Tubes	8	1,05 (0,06)	1,08 (0,08)
10. Stone, Clay and Glass 2)	25	0,68 (0,11)	0,80 (0,12)
11. Steel	24	0,67 (0,14)	0,67 (0,15)
12. Non - ferrous Metals	25	0,37 (0,08)	0,39 (0,08)
13. Farms and Construction Machinery	14	0,95 (0,16)	1,05 (0,18)

1) W.S. Comanor: a. a. O. S. 642

Industry	No. of Firms	Elasticities	
		Professional Research Pers.	Total Research
14. Industrial Machinery 2)	25	0,78 (0,13)	0,86 (0,14)
15. Office Machinery	9	0,80 (0,20)	0,95 (0,25)
16. Electrical Equipment	20	1,17 (0,16)	1,24 (0,15)
17. Household Appliances 2)	12	0,95 (0,12)	1,07 (0,14)
18. Communication Equipment	15	0,91 (0,16)	1,01 (0,17)
19. Motor Vehicles	12	1,02 (0,12)	1,06 (0,12)
20. Aircraft	21	1,07 (0,11)	1,00 (0,13)
21. Instruments 2)	19	0,53 (0,12)	0,61 (0,13)

1) The figures in paratheses are the standard errors of the coefficients.

2) Indicates industry groups for which dummy variables were instroduced into the estimating equation to account for constituent industries.

Quelle: W.S. Comanor: a. a. O. Seite 642 f
Die von Comanor errechneten Ergebnisse zeigen, daß in zahlreichen Industriezweigen die großen Unternehmen relativ weniger für Forschung und Entwicklung tun als die kleineren.

Für die Industriezweige, die b-Werte größer als 1 erzielen, kann die Nullhypothese in keinem einzigen Fall zurückgewiesen werden, wenn man von der Hypothese ausgeht, daß die Forschungs- und Entwicklungsaktivität proportional mit der Unternehmensgröße zunimmt. Die F & E - Elastizität ist in der Regel größer, - wie die Ergebnisse zeigen - wenn die F & E - Aktivität mit Hilfe der Gesamtbeschäftigung der F & E - Abteilungen gemessen wird, als wenn nur von dem wissenschaftlichen Personal ausgegangen wird.

Die Aussagefähigkeit der Ergebnisse ist in vierfacher Hinsicht zu begrenzen: [1]

a) Comanor ermittelt wegen seines logarithmischen Ansatzes (Problem der Nullbeobachtungen) die F & E - Elastizitäten nur für die Gruppe von Unternehmen, die bereits eine formale F & E - Organisation besitzen und in den Statistiken der National Accademy of Science - National Research Council (NAS-NRC) gemeldet sind.
b) Die F & E Tätigkeit wird von der Inputseite her gemessen. [2]
c) Die Messung der Unternehmensgröße durch die Zahl der Beschäftigten führt zu Ergebnissen, die tendenziell für die großen Unternehmen günstiger aussehen, als wenn Umsätze oder Vermögenswerte herangezogen werden, weil die größten Unternehmen in der Regel mit kapitalintensiveren Verfahren arbeiten als kleinere Unternehmen.
d) Die großen Unternehmen erhalten einen überproportional großen Anteil an regierungsseitig finanzierten Aufträgen.

D. Hamberg [3] führte eine ähnliche Untersuchung bereits 1963 mit dem Unterschied durch, daß einmal die Beschäftigten und zum anderen das Anlagevermögen als Unternehmensgrößenvariable verwendete. Seine Ergebnisse unterscheiden sich nicht wesentlich von den Ergebnissen, die Comanor erzielte. Hamberg zieht aus seinen Ergebnissen folgenden Schluß: "In jedem Falle erscheint es klar zu sein, daß von einer bestimmten Grenze an die industrielle Konzentration in der Mehrzahl der Fälle nicht als Antrieb für die Forschung und Entwicklung gelten kann." [4] [5]

---

1) E. Kaufer: a. a. O. Seite 474 f

2) Vgl. Kapitel 1: Quantifizierungs- und Bewertungsprobleme des Outputs

3) D. Hamberg: Size of Firm, Market Structure and Innovation; J.P.E. Dez. 1963, Seite 566 - 587.

4) D. Hamberg: Invention in the Industrial Research Laboratory; J.P.E. 1963, Seite 108

5) Die von Hamberg verwendeten Rank-Order-Koefficients mit den F & E - Beschäftigten pro Tausend Beschäftigte gibt den kleinen Firmen ein viel stärkeres Gewicht. Der Rangordnungs-Korrelationsansatz impliziert, daß die Differenz von 128.000 Beschäftigten zwischen U.S. Steel und Bethlehem Steel gleich ist der Differenz von 200 Beschäftigten zwischen Lucens Steel und Granite City Steel, Vgl. F. Scherer, in Can. J. EC. 1965, Seite 262, FN 13.

F.M. Scherer [1] kommt mit verbesserten statistischen Verfahren zu detaillierteren Ergebnissen. Er verwendet Regressionsgleichungen mit quadratischen und kubischen Gliedern, um eventuell existierende Wendepunkte feststellen zu können. Um den Einfluß der Regierungsaufträge, vor allem für Großunternehmen, möglichst gering zu halten, benutzt er Daten aus dem Jahr 1955.[2] Als Ansatz wählt Scherer folgenden Funktionstyp:

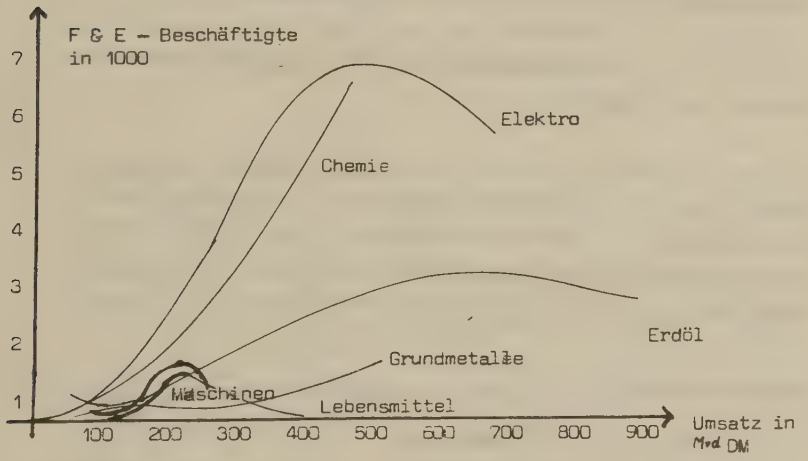
$$(1)\quad RD_1 = c + d_1 S_1 + d_2 S_1^2 + d_3 S_1^3 + e_1$$

wobei RD_1 die F & E - Beschäftigten, S_1 die Umsätze und e_1 die Zufallsvariable des i-ten Unternehmens im Jahre 1955 bedeuten. Da diese Form des Ansatzes wegen den quadratischen und kubischen Gliedern den größeren Unternehmen ein stärkeres Gewicht einräumt, modifiziert er den Ansatz durch folgende logarithmische Transformation der Unternehmensgrößenvariable S_i.[3]

$$(2)\quad RD_i = g + h_1 \cdot \log S_i + h_2 \cdot (\log S_i)^2 + h_3 \cdot (\log S_i)^3 + u_i$$

Die Ergebnisse von Scherer werden in nachfolgender Graphik zusammenfassend dargestellt.

Abb. 2



---

1) F.M. Scherer: Size of Firm, Oligopoly, and Research: A. Comment, in Can. J.EC. 1965, S. 256 - 266

2) F. M. Scherer: a. a. O. S. 261

3) ebenda Seite 261 f

Von den sechs untersuchten Industriezweigen zeigen vier ein fast einheitliches Bild. Die Steigung der Funktion nimmt zunächst mit steigendem Umsatz zu, erreicht einen Wendepunkt und bei von Industriezweig zu Industriezweig unterschiedlichen Umsätzen ein Maximum. Scherer zieht aus seinen Ergebnissen die Schlußfolgerung, "daß gigantische Größe bei weitem nicht als notwendige Bedingung für eine nachdrückliche F & E - Tätigkeit gelten darf und das Größe sogar als hemmender Faktor auftreten kann." [1]

Als letztes seien noch kurz die Untersuchungen von Mansfield dargestellt. Er versucht mit Hilfe komplizierter ökonometrischer Techniken den Forschungs- und Entwicklungsbereich zu analysieren. Zur Bestimmung der Höhe des F & E - Budgets konstruiert Mansfield [2] ein Modell, das u. a. von den erwarteten durchschnittlichen Gewinnen der F & E - Projekte, der Höhe des Gewinns aus alternativen Investitionsmöglichkeiten und der Unternehmensgröße determiniert wird. Angaben von je 8 Unternehmen der Chemie und der Erdölindustrie stehen ihm zur Verfügung. Dann ergänzt er das Modell um die Beziehung zwischen Unternehmensgröße und F & E - Ausgaben.

Er fand, daß nur in der Chemieindustrie die F & E - Ausgaben proportional mit der Größe wachsen.

Dann geht er noch einen Schritt weiter und untersucht die Frage, welcher Anteil der bedeutenden Erfindungen auf die großen Unternehmen entfällt. [3] Hier besaß er Angaben für die Chemie-, Erdöl - und Stahlindustrie. Seine Resultate beziehen sich auf die zehn größten Unternehmen jedes Industriezweiges: [4]

---

1) F. M. Scherer: a. a. O. Seite 265

2) E. Mansfield: Industrial Research and Development Expenditures, in: J.P.E. (1964) Seite 319 - 340

3) Ebenda, Seite 337

4) E. Mansfield: Industrial Research ... a. a. O. S. 334 ff; speziell Seite 336

1. Bei konstanter Unternehmensgröße bestent eine enge Korrelation zwischen der Zahl der angegebenen bedeutenden Erfindungen und der Höhe der F & E - Ausgaben.
2. Bei konstanten F & E - Ausgaben sinkt die durchschnittliche F & E - Produktivität mit steigender Unternehmensgröße, so daß im Gegensatz zur allgemeinen Meinung, die Effizienz der F & E - Ausgaben in kleineren Unternehmen vermutlich höher ist als in größeren Unternehmen.
3. Nur in der Chemieindustrie, nicht dagegen in der Erdöl- und Stahlindustrie, scheinen im F & E - Bereich "increasing returns to scale" zu existieren. [1]

Mansfield [2] untersucht auch die Hypotnese Schumpeters, die großen Unternehmen seien innovationsfreudiger als kleinere Unternehmen, d.h. die großen Unternehmen forcieren in einem stärkeren Maße die Duffusion des technischen Fortschritt als kleinere.

Zu diesem Zweck untersucht er für die Basisindustriezweige Stahl, Bergbau und Erdöl den Anteil der 4 größten Unternehmen jeden Industriezweiges an der Innovationsrate. Der Anteil gilt als überproportional, wenn er höher liegt als der Marktanteil. Die Ergebnisse sind in nachfolgender Tabelle zusammengefaßt:

---

1) Einen Überblick über die durchgeführten Untersuchungen gibt Mansfield in seinem Buch
E. Mansfield: The Economics of Technical Change, London 1969, Seite 93 - 96

2) E. Mansfield: The Economic of Technical Change, a. a. O. Seite 109.

Tab. 2

Innovations and Capacity (or Output) Accounted for by Largest Four Firms, Steel, Petroleum Refining, and Bituminous Coal Industries, 1919 - 1938 and 1939 - 1958 (Percent of Industry Total) [a]

ITEM	Steel [b]		Petroleum [c]		Coal [d]	
	WEIGHTED	UN-WEIGHTED	WEIGHTED	UN-WEIGHTED	WEIGHTED	UN-WEIGHTED
			Period: 1919-1938			
Process innovations	39	41	34	36	27	18
Product innovations	20	20	60	71	—	—
All innovations [e]	30	32	47	54	27	18
Capacity (or output)	62	62	33	33	11	11
			Period: 1939-1958			
Process innovations	58	64	58	57	30	27
Product innovations	27	27	40	34	—	—
All Innovations [e]	43	51	49	43	30	27
Capacity (or output)	63	63	39	39	13	13

Quelle: E. Mansfield, Industrial Research and Technological Innovation, a. a. O. Chapter VI.

a In the columns headed "weighted", each innovation is weighted roughly according to the respondents' views of its importance. More precisely, each is weighted in proportion to its average rank in the lists obtained. For processes, we suggested that total savings be used to judge relative importance; for new products, we suggested that sales volume be used. Obviously, this is very rough.

b Ingot capacity is used to measure each firm's size. The industry is defined to be those firms with ingot capacity, but firms engaged primarily in some other business were excluded. For the earlier period, a firm's size refers to 1926; for the later period it refers to 1945.

c Crude capacity is used to measure each firm's size. The industry is defined to be those firms with crude capacity. For 1919-1938, a firm's size refers to 1927; for 1939 - 1958, the figures refer to 1947. The product innovations included here are petrochemicals. In each case, the innovator is the first petroleum company that produced it.

d Annual productions is used to measure each firm's size. The industry is defined to include all who produced bituminous coal.

For 1919 - 1938, a firm's size refers to 1933; for 1939 - 1958, these figures refer to 1953. The innovations included here are all new devices for preparing coal. This was the only kind of data we could obtain.

e For the weighted data, this is just the unweighted average of the figures for process and product innovations.

Die Tabelle zeigt, daß die vier größten Bergbau- und Erdölunternehmer einen größeren Innovations- als Marktanteil hatten, der Anteil der vier größten Stahlproduzenten jedoch geringer als ihr Marktanteil war.

Diese intersektoralen Unterschiede erklärt Mansfield[1] wie folgt:

a) die Innovation erfordert hohe Investitionen inbezug auf die Unternehmensgröße der potentiellen Nutzer
b) die erforderliche Mindestgröße zur Durchführung einer Innovation ist groß inbezug auf die durchschnittliche Unternehmensgröße des entsprechenden Industriezweiges
c) die durchschnittliche Unternehmensgröße der vier größten Unternehmen des entsprechenden Industriezweiges ist viel größer als die durchschnittliche Größe aller restlichen Unternehmen, die potentielleNutzer einer Innovation sind.

Mansfield[2] glaubt jedoch, daß es keine signifikante Unterschiede zwischen den größten Unternehmen und Unternehmen von mittlerer Größe gibt, wenn mehrere Unternehmen unterschiedlicher Größenordnung in die Untersuchung einbezogen wurden. Für die Nachkriegsperiode gibt es nach Mansfield jedoch Anzeichen, daß die Innovationsfreudigkeit der kleinsten Stahl-, Bergbau- und Erdölunternehmen gegenüber der Zeit vor dem 2. Weltkrieg geringer wurde.

Weiter beschäftigt sich Mansfield [3] mit dem Problem, wie sich der Time - lag zwischen Erfindung (Invention) und wirtschaftlicher Ausnutzung (Innovation) seit Beginn dieses Jahrhunderts geändert hat.

---

1) Mansfield, E.: The Economic of Technical Change ... a. a. O. S. 110

2) Ebenda.

3) E. Mansfield: The Economic of Technical Change a. a. O. S. 200 ff

Zur Beantwortung dieser Frage wertet er eine Untersuchung von Lynn aus (Tab. 3) und kommt zu folgendem Ergebnis:

a) der Lag scheint sich im Zeitablauf zu verkürzen

b) es bestehen große Unterschiede zwischen Konsum- und Investitionsgütern

c) staatlich finanzierte Projekte beanspruchen eine kürzere Zeit als privat finanzierte Projekte.

Tab. 3

Average Rate of Development of Selected Technological Innovations [a]

Factors Influencing the Rate of Technological Development	Average Time Interval (Years)		
	Incubation Period b	Commercial Development c	Total
Time Period			
Early twentieth century (1885 - 1919)	30	7	37
Post-World War I (1920 - 1944)	16	8	24
Post-World War II (1945 - 1964)	9	5	14
Type of Market Application			
Consumer	13	7	20
Industrial	28	6	34
Source of Development			
Private industry	24	7	31
Federal government	12	7	19

Quelle: Frank Lynn, "An Investigation of the Rate of Development and Diffusion of Technology in Our Modern Industrial Society," Report of the National Commission on Technology, Automation, and Economic Progress, Washington, D.C., 1966.

a Based on study of twenty major innovations whose commercial development started in the period 1885 - 1950.

b Incubation Period - begins with basic discovery and establishment of technological feasibility, and ends when commercial development begins.

c Commercial Development - begins with recognition of commercial potential and the commitment of development funds to reach a reasonably well-defined commercial objective, and ends when the innovation is introduced as a commercial product or process.

In einer weiteren Untersuchung macht Mansfield[1] den Versuch, mit Hilfe ökonometrischer Modelle den Grenzertrag einer zusätzlichen Ausgabe für Forschung und Entwicklung zu bestimmen. Ausgehend von einer Cobb-Douglas-Produktionsfunktion, in die er die kumulierten vergangenen Ausgaben für Forschung und Entwicklung als dritten Produktionsfaktor einbaut, führt er wieder mit Daten der Erdöl- und Chemieindustrie die Schätzungen durch. Er gelangt zu dem Ergebnis[2], daß die errechneten Werte wahrscheinlich zwar zu hoch sind, jedoch nur in der chemischen Industrie in direkter Beziehung zur Unternehmensgröße stehen.

Die Ergebnisse der hier aufgeführten Forscher haben trotz der Mängel, die aufgrund der schwierig zu quantifizierenden Materie den einzelnen Untersuchungen formal und materiell zugrunde liegen, gezeigt, daß sich die Schumpeter'sche These in ihrer generellen Form kaum halten läßt.

3. Technischer Fortschritt und optimale Unternehmensgröße[3]

Welche Marktform generell die Bedingungen impliziert, in der sich der technische Fortschritt optimal entwickeln kann, kann in allgemeingültiger Form nicht beantwortet werden. Forschung und Entwicklung ist eine sehr heterogene Tätigkeit; daher ist die Vorstellung von einer

---

1) E. Mansfield: Technological Changes:Stimuli, Constraints, Returns: Rates of Return from Industrial Research and Development; in: A E R, PP (1965) Bd. 55, Seite 310-322

2) Ebenda, Seite 321

3) E. Kaufer: a. a. O. Seite 462; dieser Abschnitt folgt im wesentlichen seiner Argumentation.

einzigen optimalen Größe im F & E - Bereich, wie man sie im Produktionsbereich determinieren kann, eine starke Vereinfachung des F & E - Prozesses. Nach Kaufer[1] variiert die Größe der Unternehmung selbst bei gegebener Industriestruktur je nach Invention, Innovation und Phase des Projekts. Auch heute noch bleiben viele Projekte in der finanziellen Reichweite der kleineren Unternehmen. Jedes Unternehmen - so Kaufer - muß eine Auswahl unter den für es erfolgversprechenden F & E - Möglichkeiten und F & E - Projekten treffen. Er kommt mit Mac Laurin[2] zu dem Ergebnis, daß es in jedem Fall wichtig ist, so viele Entscheidungseinheiten wie möglich zu erhalten und die Gründung neuer Unternehmen zu erleichtern, um dadurch die Wahrscheinlichkeit zu erhöhen, daß wertvolle Ideen sich durchsetzen können. Eine Organisation der Wirtschaft in große Oligopole würde mit Sicherheit diese Wahrscheinlichkeit reduzieren.

Gegen die generelle Auffassung, große Oligopole seien der entscheidende Antrieb des technischen Fortschritts, sprechen noch weitere Argumente. Kaufer[3] nennt folgende:

1. Die unternehmerische Entscheidung, Forschung und Entwicklung zu betreiben, wird im wesentlichen von den ökonomischen Möglichkeiten der technologischen Basis mitbestimmt. Nur unter der Annahme einer speziellen Häufigkeitsverteilung der F & E - Projektkosten, d.h. die Projektkosten müssen so verteilt sein, daß sie außerhalb der finanziellen Möglichkeiten kleineren Unternehmen liegen, bleiben kleinere Unternehmen von Forschung und Entwicklung ausgeschlossen. Eine solche Häufigkeitsverteilung läßt sich nur empirisch für einen bestimmten Zeitpunkt bestimmen.
2. In technologisch, jungen und progressiven Industriezweigen determinieren zufällige F & E - Erfolge bzw. Mißerfolge eine hohe Varibilität des Wachstums der einzelnen Unternehmen, was in relativ

---

1) E. Kaufer: a. a. O. Seite 462

2) E. Kaufer: ebenda und W. Mac Laurin: The Sequence from Invention to Innovation; in: Q J.E, Bd. 67 (1953) Seite 97 - 111, hier Seite 107

3) E. Kaufer: a. a. O. Seite 463 - 465.

kurzer Zeit zu einer beachtlichen Marktkonzentration führen kann. Dieser Konzentrationsprozeß ist das Ergebnis eines intensiven F & E - Wettbewerbs, nicht jedoch seine Voraussetzung. Dies bedeutet eine Umkehrung des angenommenen Kausalverhältnisses, nämlich die Industrie ist oligopolistisch organisiert, weil einzelne Unternehmen in der Vergangenheit das reiche Potential der sich entfaltenden technisch-wissenschaftlichen Basis ausschöpfen.

3. Diese Industriezweige müssen jedoch nicht notwendigerweise in Zukunft progressiv und kompetiv bleiben. Es besteht vielmehr eine große Wahrscheinlichkeit dafür, daß mit zunehmendem Alter der Industrie, der Wettbewerb, auch der F & E - Wettbewerb, nachläßt.

Als Ergebnis läßt sich feststellen, daß vermutlich die oligopolistische Marktstruktur das Ergebnis eines intensiven F & E - Wettbewerbs und nicht die Voraussetzung zu diesem Wettbewerb ist, wobei natürlich auch noch andere Faktoren eine Rolle spielen.

Zum Problem der optimalen Unternehmensgröße für Forschung und Entwicklung kommt Kaufer[1] zu folgenden Resultaten:

1. Es kann nicht nachgewiesen werden, daß die größten Unternehmen der stärkste Motor für den technischen Fortschritt sind. Es gibt keine optimale Unternehmensgröße, um alle Inventionen und Innovationen einer Industrie hervorzubringen, noch gibt es eine solche Größe für alle Phasen der F & E - Projekte.
2. Unter speziellen Marktbedingungen können sich Oligopolisten, ja selbst Duopolisten, einen mit schnellem technischen Fortschritt verbundenen Wettbewerb liefern. Es ist jedoch nicht wahrscheinlich, daß diese Situation mit technologisch zunehmendem Alter lange anhält. Umgibt sich ein Industriezweig mit Marktschranken, fällt der Wettbewersdruck weg und macht der Philosophie des "Lebens und Lebenlassen" Platz.

---

[1] E. Kaufer: a. a. O. Seite 464 f

3. Der Konzentrationsprozeß ist erheblich durch die Wettbewerbspolitik beeinflußbar. Durch eine wettbewerbskonforme Patentpolitik, gekoppelt mit einer strengen Wettbewerbskontrolle, sollte es auch kleineren Unternehmen ermöglicht werden, in die Spitzengruppe vorzudringen. Diese Möglichkeit würde auch kleinere Unternehmen zu erhöhten F & E - Anstrengungen anspornen, zum anderen würde die Marktposition eines jeden der oligopolistischen "Kerntruppe" labiler und ihre Abneigung gegen risikoreiche Projekte erheblich vermindert werden.

Abschließend kann zur Untersuchung von Kaufer festgestellt werden, daß aufgrund der Heterogenität des Forschungs- und Entwicklungsprozesses die Festlegung einer optimalen Unternehmensgröße zur Stimulierung des technischen Fortschritts eine viel zu grobe Vereinfachung bedeuten würde. Wichtig für die Entwicklung neuer Ideen bleibt ein gesundes Maß an Wettbewerb, d.h. "die Chancen für kleinere bzw. neue Unternehmen mit einer dynamischen Unternehmensführung und intensiver F & E - Tätigkeit in die Spitzengruppe vorzudringen, müssen erhalten bleiben." [1]

---

[1] Vgl. dazu E. Kaufer a.a.O. und die dort aufgeführte Literatur, insbesondere:

E. Sohmen: Competition and Growth: The Lesson of West Germany, A E R, PP 49 (1959) und die daran anschließende Diskussion

A.Philips: Patents, Potential Competition and Technical Progress, in: A E R, PP, 56 (1966) Seite 301 - 304.

2. Kapitel: Deskriptive Untersuchung der F & E - Tätigkeit in der westdeutschen Eisen- und Stahlindustrie.

I. Ziel, Aufbau und Methoden

1. Ziel der deskriptiven Untersuchung

Die vorliegende empirische Arbeit über die Forschungs- und Entwicklungstätigkeit in der westdeutschen Eisen- und Stahlindustrie gliedert sich in zwei große Bereiche:

a) in eine deskriptive Untersuchung
b) in eine analytische Untersuchung

Ziel des deskriptiven Teils der Arbeit ist es, auf folgende Fragen eine Antwort zu finden:

a) Wie ist der Forschungs- und Entwicklungsprozeß organisatorisch in die einzelnen Unternehmen eingegliedert, wo liegt das Schwergewicht der F & E - Tätigkeit und welche Faktoren und Zielsetzungen beeinflussen die F & E - Tätigkeit.
b) Wie verhält sich die Forschungs- und Entwicklungsaktivität der Eisen- und Stahlindustrie im Vergleich mit der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung und der Entwicklung einzelner wichtiger Industriezweige.
c) Wie beurteilt man in den Unternehmen die eigene F & E - Arbeit und inwieweit erreicht diese Tätigkeit die in sie gesetzten Ziele.

Dieser Teil der Arbeit soll einen Einblick in die Forschungs- und Entwicklungstätigkeit der Eisen- und Stahlindustrie geben; die erarbeiteten Ergebnisse werden stets in bezug auf die Fragestellung, inwieweit sich die großen Unternehmen von kleineren Unternehmen unterscheiden, hin analysiert.

2. Aufbau und Methoden, Datenerfassung und Datenauswertung

Dieser Teil der Arbeit ist so aufgebaut, daß von allgemeinen Fragestellungen ausgehend, zu immer spezifischeren Problemen des F & E - Prozesses

in der Stahlindustrie hingearbeitet wird. Die bei der Auswertung der Daten verwendeten Methoden sind herkömmliche Verfahren der deskriptiven Statistik, die mit Häufigkeitsverteilungen und Durchschnittswerten arbeitet. [1)]

Als Form der Datenerfassung wurde das persönliche Interview in standardisierter Form benutzt. Das standardisierte Interview wurde gewählt, um eine quantitative Auswertung der Aussagen zu ermöglichen, jedoch wurden dem Interviewten immer wieder Gelegenheit gegeben, in allgemeiner Form zu den verschiedenartigsten Problemen Stellung zu nehmen, wodurch noch weitere wichtige Informationen gewonnen werden konnten.

Das persönliche Interview ist aufgrund des direkten Kontaktes besonders zur Exploration schwieriger Sachverhalte, vor allem durch die Flexibilität an die besonderen Umstände, geeignet. Das Interview war im einzelnen so aufgebaut, daß mit dem jeweiligen Gesprächspartner, die von wenigen Ausnahmen abgesehen, die Position eines Direktors der F & E - Abteilungen hatten, ein spezieller Problemkreis erörtert und diskutiert wurde. Abschließend wurden zu jedem Fragenkomplex genaue, standardisierte Fragen mit quantitativem Charakter gestellt, die in einem dafür entworfenen Fragebogen festgehalten wurden. (siehe Anhang II)

Als Grundgesamtheit wurde die deutsche Eisen- und Stahlindustrie gewählt. Daraus wurden 21 Unternehmen ausgewählt, die 1968 über 90 v.H. der deutschen Rohstahlerzeugung herstellten. Ein Unternehmen lehnte einen Termin mit der Begründung ab, die gewünschten Informationen nicht veröffentlichen zu können. Nicht erfaßt wurden Gesellschaften, die Töchter ausländischer Konzerne sind (Halberger Hütte und Burbacher Hütte) und deren F & E - Tätigkeit von der Mutter durchgeführt wird.

---

1) Vgl. W.A. Allen und H.V. Roberts: Methoden der Statistik, Deutsche Übersetzung, Freiburg i.Br., 1960, Seite 131 - 216

Die befragten 20 Unternehmen gliedern sich in 15 wirtschaftlich selbständige Einheiten, d.h. 5 Stahlgesellschaften sind vollintegrierte Bestandteile anderer Stahlgesellschaften. Da anzunehmen war, was auch bei der empirischen Untersuchung bestätigt wurde, daß gegliederte Unternehmen bestrebt sind, die unternehmenseigene Forschung und Entwicklung einheitlich zu leiten[1] bzw. zu koordinieren[2], d.h. es werden Maßnahmen getroffen, um sicherzustellen, daß die Subeinheiten sich an den Zielen des Unternehmens ausrichten, muß die F & E - Tätigkeit eines Gliedunternehmens im Rahmen der F & E - Tätigkeit des gesamten Unternehmens gesehen werden. Die Datenauswertung erfolgt stets im Hinblick auf die in der Themenstellung gestellte Fragestellung.

II. Die ökonomisch-technische Struktur der Eisen- und Stahlindustrie

1. Skizzierung wichtiger Bestimmungsfaktoren für das Niveau der F & E - Tätigkeit.

Der Umfang der industriellen Forschung und Entwicklung ist von Industriezweig zu Industriezweig unterschiedlich. Wichtige Bestimmungsfaktoren, die im wesentlichen den Umfang der Forschung und Entwicklung in einem Industriezweig determinieren, sind:

1. die Unternehmensstruktur
2. der Konzentrationsgrad
3. die Wettbewerbssituation
4. die technologische Basis.

---

1) Der Begriff der einheitlichen Leitung ist schwer zu operationalisieren, vgl. F.W. Hardach: Die einheitliche Lenkung von Konzernen ZfhF, NF 13, Jg. 1961, Seite 713 - 737

2) Vgl. zum Begriff Koordination H. Albach: Die Koordination der Planung im Großunternehmen, in: Rationale Wirtschaftspolitik und Planung in der Wirtschaft von heute, Hrsg.: E. Schneider, Berlin 1967, Seite 332 - 438, S. 431 f.

Die Unternehmensgröße als Bestimmungsfaktor für die Höhe der industriellen Forschung ist Gegenstand dieser Untersuchung und wird im nächsten Kapitel auf ihren Einfluß bezüglich der Höhe der F & E - Tätigkeit bei gegebener Branchensituation, die durch die Bestimmungsfaktoren (1 - 4) beschrieben wird, analysiert.

Zunächst noch einiges zur Definition und Abgrenzung der Stahlindustrie.

Nach der Definition des Statistischen Bundesamtes[1] gehören zur Eisen- und Stahlindustrie:

1. Die eisenschaffende Industrie: Hochofen-, Stahl- und Warmwalzwerke (einschließlich Betriebe zur Herstellung nahtloser Stahl-Röhren) sowie Schmiede-, Preß- und Hammerwerke (ohne Gesenkschmieden).
2. Eisen-, Stahl- und Tempergießereien;
3. Ziehereien und Kaltwalzwerke.

Unsere Untersuchung beschränkt sich auf die eisenschaffende Industrie einschließlich der Edelstahlwerke.

Diese drei Bereiche unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Unternehmensstruktur sehr wesentlich. In der eisenschaffenden Industrie herrschen große integrierte Einheiten vor, was für die beiden anderen Bereiche der Eisen- und Stahlindustrie nicht zutrifft.

---

1) Grundsystematik der Wirtschaftszweige, Stat. BA; Seite 40

Tab. 4

Strukturzahlen der westdeutschen Eisen- und Stahlindustrie[1] 1968

	Anzahl der Betriebe[2]	Beschäftigte in 1000	Umsatz in Mio DM[4]	Lohn- und Gehälte in ./. des Umsatzes.
Eisenschaffende Industrie 3)	148	322	21.289	19,9
TempergieBereien	456	114	3.775	36,5
Ziehereien, Kaltwalzwerke	415	67	4.359	18,8

Quelle: Statistisches Jahrbuch der BRD 1969; Seite 201 f und 208 f.

1) Betriebe mit mehr als 10 Beschäftigten

2) Durchschnitt errechnet aus 12 Monaten

3) Hochofen-, Stahl-, Warmwalz- und Schmiedewerke

4) Ohne Mehrwertsteuer

Die Anzahl der Betriebe hat in bezug auf die Anzahl der Unternehmen keine Aussagekraft. So zählt in der eisenschaffenden Industrie das Hochofenwerk, das Stahlwerk, das Walzwerk etc. als Betrieb. Ein Unternehmen kann einen Betrieb, ein Werk oder mehrere Werke umfassen, die sich aus allen drei Bereichen der Eisen- und Stahlindustrie zusammensetzen können.

Die Entwicklung der Unternehmensstruktur in der westdeutschen Stahlindustrie ist seit dem 2. Weltkrieg durch 3 Phasen gekennzeichnet:[1]

---

[1] H. Marcuse und K. Oppenländer: Struktur und Wachstum in der Eisen- und Stahlindustrie; Hrsg.: Ifo Institut, Berlin-München 1968; zu den Punkten (a) und (b) Seite 23.

a) durch die Zwangseingriffe der Besatzungsmächte mit dem Ziel einer vollkommenen Strukturveränderung der westdeutschen Stahlindustrie. Ohne Einigung über die zukünftigen Eigentumsverhältnisse wurden die Konzerne aufgelöst. Im Rahmen der Neuordnung wurden die "Vereinigten Stahlwerke" in 17 selbständigen Gesellschaften aufgelöst, wovon 12 zur Eisenindustrie und 3 zum Kohlebergbau gehören. Die restlichen 2 sind Holdinggesellschaften[1]. Im Jahre 1952 erfolgte die Errichtung von 23 neuen Einheitsgesellschaften, die die Grundlage der heute bestehenden Gesellschaften bilden.

b) Durch die Gründung des gemeinsamen Marktes für Eisen und Stahl im Jahre 1952 wurden die ursprünglichen Pläne der alliierten Mächte wieder aufgehoben. Nach Art. 66-EGKS-Vertrag werden Zusammenschlüsse grundsätzlich dann genehmigt, wenn sie den Wettbewerb nicht stören. Durch den EGKS-Vertrag wurde für die westdeutsche Eisen- und Stahlindustrie eine neue Rechtsgrundlage geschaffen, die dazu führte, daß alle Unternehmen ihre frühere Zuordnung vor Gründung der "Vereinigten Stahlwerke" wieder gefunden haben.

c) Aufgrund der in den letzten Jahren großzügig gehandhabten Auslegung des Art. 66 EGKS-Vertrag durch die Hohe Behörde bzw. EWG-Kommission setzte in Westdeutschlang ein Konzentrationsprozeß der Stahlindustrie von bisher nicht bekanntem Ausmaß ein, der noch lange nicht zum Abschluß gekommen scheint. Ziel der EWG-Kommission ist die Schaffung von fünf bis sechs großen Stahlgesellschaften.[2]

Untersucht man die Bestimmungsgründe für die Unternehmensstruktur und die Unternehmensgröße in der eisenschaffenden Industrie von der

---

1) Vgl. W. Kilger: Industrie und Konzentration, in "Die Konzentration in der Wirtschaft", Hrsg. Verein für Sozialpolitik, Berlin 1960, S. 293

2) Vgl. Volkswirt Nr. 4, Jg. 1970 Seite 12, Stahlkonzentration.

produkt - und verfahrenstechnischen Seite her, so lassen sich folgende charakteristische Merkmale feststellen: [1]

a) In der eisenschaffenden Industrie handelt es sich um relativ einfache Erzeugnisse wie z.B. Blöcke, Stabstähle etc. die sich nicht aus mehreren komplizierten Teilprodukten zusammensetzen. Da das Produkt des Hochofens auf jeder weiteren Produktionsstufe unter Hitze bearbeitet werden muß, vereinigte man Hochofen-, Stahl-, Walz- und Schmiedewerke zu einem integrierten Hüttenwerk, um eine möglichst rationelle und ökonomisch sinnvolle Gestaltung des Produktionsprozesses zu erreichen. Die Zusammenfassung der oben genannten Produktionsstufen erlaubt den rationellen Einsatz der notwendigen Wärmequellen. Durch Verkürzung der Transportwege wurde die Bearbeitung der Hochofenprodukte in "erste Hitze" ermöglicht.

b) Die Entwicklung zu großen Unternehmenseinheiten wurde weiter durch den technischen Fortschritt gefördert. Die Erfindung des Sauerstoffblasverfahrens und die ständige Verbesserung bereits benutzter Verfahren verlangt immer größer werdende optimale Betriebsgrößen. Die Hohe Behörde hält 2 - 3 Mio t Rohstahl pro Jahr auf Werksebene für die Mindestgröße. [2]

In der Bundesrepublik Deutschland produzierten im Jahre 1968 72 Werke[3] 41,2 Mio t Rohstahl. Auf 50 Werke mit einer Rohstahlerzeugung von weniger als 0,5 Mio t entfielen dabei 9,3 % der gesamten Produktion. Zu dieser Größenklasse gehören alle reinen Edelstahlwerke. Die Werke - ohne die August-Thyssen-Hütte und die Hoesch AG, für die keine Angaben für die einzelnen Werke vorliegen - fallen in folgende Größenklassen:

---

1) F.W. Grote: Unternehmensgröße und Konzentration in der Stahlindustrie in: Notwendigkeit und Gefahr der wirtschaftlichen Konzentration, Hrsg.: List-Gesellschaft Tübingen, 1969, S. 6 f.

2) EGKS, Hohe Behörde, Sammlung: Allgemeine Ziele Stahl: Memorandum für 1970, Luxemburg 1967, Seite 91

3) Die Anzahl der Werke läßt keinen Rückschluß auf die Anzahl der selbständigen Unternehmen zu.

Tab. 5

Verteilung der Gesamtrohstahlerzeugung auf die einzelnen Betriebsgrößenklassen 1968

Jahresproduktion in Mio t	Werke	
	Anzahl	./. Anteil
0 - 0,5	50	9,3 %
0,5 - 1,0	8	14,7 %
1,0 - 2,0	6	20,3 %
2,0 - 3,0	3	18,7 %
Summe	67	63,7 %

Quelle: F. W. Grote: a. a. O. Seite 14

Von den restlichen 37 % entfallen 22 % auf den Thyssenkonzern und 15 % auf die Hoesch AG.

Von den Roh- und Walzstahl produzierenden Gesellschaften erzeugten im Jahre 1966 22 Gesellschaften rund 91 % der gesamten westdeutschen Rohstahlproduktion. Als wirtschaftlich selbständige Einheiten verbleiben von den 22 Gesellschaften noch 15. Innerhalb dieser 15 Stahlkonzerne lassen sich drei voneinander deutlich abgrenzbare Gruppen unterscheiden:

- Die Gruppe der großen Stahlkonzerne mit einer Jahresproduktion von über 4 Mio t / Jahr; ihr gehören 3 Konzerne an, die 54,5 % der gesamten westdeutschen Stahlproduktion auf sich vereinen.
- Die Gruppe der großen Stahlgesellschaften mit einer Jahresproduktion von 2 - 4 Mio t Rohstahl pro Jahr; ihr gehören zwei Gesellschaften an, die 15 % der Produktion auf sich vereinen.

- Die Gruppe der restlichen Stahlgesellschaften mit einer Produktion bis zu 2 Mio t / Jahr. Ihr Anteil beträgt rund 22 %.

Tab. 6

Verteilung der Gesamtrohstahlerzeugung auf die einzelnen Unternehmensgrößenklassen 1968

Jahresproduktion in Mio t	Unternehmen	
	Anzahl	./. Anteil
über 4 Mio t	3	54,5 %
2 - 4 Mio t	2	15,0 %
bis 2 Mio t	10	22,0 %
Summe	15	91,5 %

Quelle: Statistisches Jahrbuch der Eisen- und Stahlindustrie für 1969, Seite 2 f

Vergleicht man die Anteile der einzelnen Gruppen mit den Jahren 1938, 1957, 1962, 1964 so ergibt sich folgendes Bild.

Tab. 7

Der Anteil der ... Gesellschaften betrug im Jahr	1938[1]	1957[2]	1964[3]	1968[3]
größten Gesellschaft	49 %	12 %	23 %	27,3%
2 größten Gesellschaften	61 %	23 %	33 %	44,7%
3 größten Gesellschaften	71 %	32 %	41 %	54,4%
4 größten Gesellschaften	77 %	41 %	49 %	61,8%
5 größten Gesellschaften	84 %	48 %	56 %	69,1%
6 größten Gesellschaften	92 %	55 %	63 %	73,7%
7 größten Gesellschaften	93 %	62 %	69 %	77,4%
8 größten Gesellschaften	96 %	68 %	74 %	78,7%

1) Quelle: H. Henning: Entfaltung und Neuordnung der westdeutschen Montanindustrie, BD. 10 der Beiträge zur praktischen Nationalökonomie, Bern 1952

2) Quelle: H. Marcuse u. K. Openländer a. a. O. S. 25

3) Quelle: Eigene Berechnung

Während im Jahr 1938 der größte Stahlkonzern rund 49 % der gesamten damaligen Stahlproduktion auf sich vereinte, sind es im Jahre 1968 rund 28 %. Jedoch produzieren die 3 größten Stahlkonzerne heute schon wieder über die Hälfte der gesamten westdeutschen Stahlproduktion, gegenüber 1964, wo die fünf größten etwas über die Hälfte produzierten. Wie aus der Tabelle zu entnehmen ist, hat seit 1957 ein starker Rekonzentrationsprozeß eingesetzt, dessen Abschluß vorerst noch nicht abzusehen ist. Im Jahre 1967 schlossen sich 30 Stahlanbieter der BRD in 4 Verkaufszentralen zusammen, den sog. Walzstahlkontoren. Ziel der bis 1971 laufenden Kontorverträge ist "die Markttransparenz zu vergrößern, zugleich aber als Investitions-, Produktions und Vertriebsgemeinschaft wirksam zu werden" zum anderen sollen sie "am Ende der Kontorzeit (1971) durch individuelle Konzepte weniger großer, spezialisierter und wettbewerbsstarker und gleichgewichtiger Unternehmensgruppen ersetzt werden können." [1]

Die Konturen der Großkonzerne, zu denen die Stahlkonzerne in diesem Jahrzehnt mit großer Wahrscheinlichkeit zusammenwachsen werden – die Wahrscheinlichkeit ist deshalb so groß, weil auch die EWG-Kommission diese Zusammenschlüsse für wünschenswert hält – zeichnen sich bereits ab: [2]

a) Die Thyssen-Gruppe mit dem Kern aller Rheinhütten; dabei würde die Selbständigkeit von Mannesmann als Röhrenproduzent und Krupp als Verarbeitungskonzern erhalten bleiben.
b) Die Hoesch-Gruppe mit einer Gruppe gut ausgebauter Edelstahlwerke und der Kooperation mit einem holländischen Konzern.
c) Die Nordgruppe mit Salzgitter und Peine, zu der sich auch Klöckner nach Aussicht von Experten noch bereit finden sollte.

---

1) H. Köhler in VW Nr. 45, 1969, S. 68, "Vom Kontor zur Fusion".

2) Ebenda: Die Aufteilung und die voraussichtliche Entwicklung der Konzentration wurde dem Volkswirt entnommen.

Es verbleiben noch die Saarhütten. Die standortmäßig sich anbietende Kooperation mit den französischen Hüttenwerken schreitet vorläufig daran, daß die Franzosen ans Mittelmeer wollen.

Als Motiv für diese starken Konzentrationstendenzen werden von Harder[1] drei Argumente angeführt:

1. Erweiterung des Absatzprogramms
2. Pooling des Forschungs- und Entwicklungsaufwandes
3. durchgreifende Senkung der Verarbeitungskosten.

Zum Abschluß soll noch ein kurzer Vergleich über den Konzentrationsgrad in Europa durchgeführt werden. Die folgende Zusammenstellung gibt für ausgewählte Produzentenländer einen Überblick über den Konzentrationsgrad der Stahlindustrie im europäischen Raum.

Tab. 8

Anteil der jeweils größten Stahlunternehmen an der nationalen Produktion ausgewählter Länder im Jahre 1966

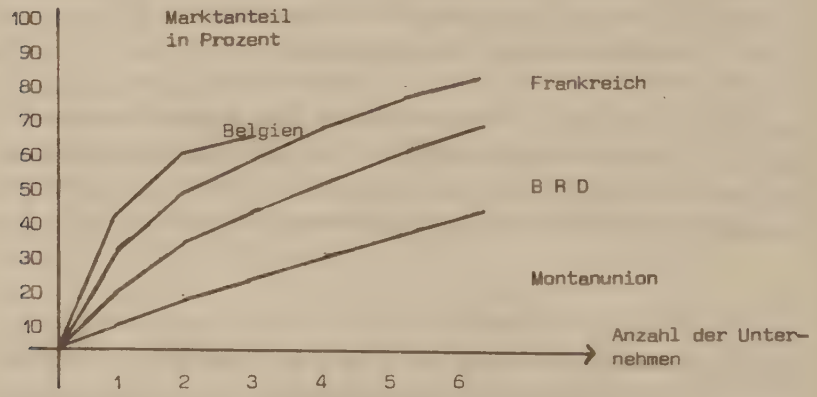
Land	größte Untern.	2 größte Untern.	3 größte Untern.	4 größte Untern.	5. größte Untern.	6 größt Untern.
B R D	20,5	36,0	45,7	53,8	61,3	67,0
Belgien	46,8	62,4	69,6	-	-	-
Frankreich	32,4	47,2	60,4	72,1	80,9	84,9
Italien	59,8	66,4	72,9	-	-	-
Luxemburg	59,0	90,0	-	-	-	-
Niederlande	89,4	-	-	-	-	-
Montanunion	9,6	18,1	25,5	32,0	37,6	42,6
Großbritannien	13,4	25,8	36,7	45,8	53,6	60,8

Quelle: Zusammengestellt aus: D. Fock: Die Oligopole der Stahlindustrie, FIW-Schriftenreihe, Heft 43, Köln, Berlin, Bonn, München 1967, Kap. 4, Seite 30 ff

[1] F. Harder in VW Nr. 45, 1969 Seite 68, "Vom Konter zur Fusion".

Abb. 3

Konzentrationskurven innerhalb der Montanunion auf der Basis von 1966



Weitere Zusammenschlüsse haben 1967 stattgefunden.

- In Luxemburg fusionierten die beiden Stahlkonzerne Arbed und Hadir.
- In Belgien Gründung einer gemeinsamen Verkaufsorganisation für Flachprodukte der größten belgischen, luxemburgischen und eines französischen Unternehmens.
- Vereinigung der lothringischen Stahlindustrie; 70 % der französischen Produktion entfällt auf zwei Unternehmen.
- Die British Steel Corporation stellt nach der Verstaatlichung rund 90 % der nationalen Produktion her.

Die Bundesrepublik schneidet im internationalen Vergleich, selbst wenn die neuesten Daten zugrundegelegt werden, noch relativ günstig ab.

Ein weiterer wichtiger Bestimmungsfaktor für die Höhe der F & E - Aktivität sind die Wettbewerbsverhältnisse. Da die wirtschaftliche Erzeugung von Stahl sehr große Betriebseinheiten voraussetzt, ist die Angebotsstruktur zwangsläufig oligopolistisch[1]. Grenzt man den relevanten Markt geographisch für die westdeutsche Eisen- und Stahlindustrie ab, so kann man grundsätzlich den geographischen Raum der sechs EWG-Mitglieder als relevanten Binnenmarkt der Analyse zugrunde legen. "Denn wenn auch nicht vor allen Unternehmen der gemeinsame Markt in gleichem Maße mit ihren Produkten versorgt wird, so rechtfertigt doch die Existenz eines potentiellen Wettbewerbs - die jederzeit vorhandene Möglichkeit von Lieferungen - die oben getroffene Annahme."[2]

Da Stahl ein austauschbares Massenprodukt ist, das überall nach den gleichen Verfahren hergestellt wird, ist eine weltweite Konkurrenz auf dem Stahlmarkt möglich. Die Schaffung der Montanunion führte für die europäische Stahlindustrie zu einer Vergrößerung des relevanten Marktes, wobei durch die Lockerung der internationalen Handelshemmnisse, deren Abbau im Rahmen der Kennedy-Runde forciert wird, der internationale Wettbewerb intensiviert wurde. Die Angebotsstruktur auf dem westdeutschen Stahlmarkt wurde im Frühjahr 1967 durch die Gründung der Walzstahlkontore auf vier Verkaufszentralen konzentriert. Ziel der Gründung der Walzstahlkontore war einmal die Verringerung der Zahl der Anbieter von 30 auf vier, zum anderen die Zusammenfassung der Gesellschaften zu größeren Investitions-, Produktions- und Verkaufsgemeinschaften.[3] Sie stellen nach Köhler[4] sog. Fusionssurrogate dar, "die, soweit dies immer möglich ist, das anstreben, was fusionierte Unternehmen machen können, ohne den letzten Schritt der eigentumsmäßigen Zusammenfassung zu tun". Zahlreiche ausländische Anbieter und Händler

---

1) H. Marcuse und K. Oppenländer: a. a. O. Seite 118

2) D. Fock: Die Oligopole der Stahlindustrie in der Montanunion, FIW Schriftenreihe, Heft 43, 1967, Seite 30

3) H. Köhler: Walzstahlkontore; Schriftenreihe der Wirtschaftsvereinigung Eisen- und Stahlindustrie zur Wirtschafts- und Industriepolitik, Heft 8, Düsseldorf 1967, Seite 9.

4) H. Köhler: Walzstahlkontore ... a. a. O. Seite 9

sorgten jedoch dafür, daß die Reduzierung der Zahl der Walzstahlanbieter auf vier Verkaufszentralen nicht zu einem engen Oligopol auf dem Stahlmarkt der BRD führte. In der eingehenden Begründung zur Zulassung der Verkaufskontore hat die Hohe Behörde den Tatbestand der wirksamen Auslandskonkurrenz auf dem westdeutschen Stahlmarkt hervorgehoben, und sie stellt für jedes Kontor fest, daß "für seinen Markteinfluß als relevanter Markt der gesamte Gemeinsame Markt zugrunde zu legen ist." [1]

Es stellt sich nun die Frage, wie sich der Wettbewerb auf dem deutschen Stahlmarkt unter dem Einfluß der oben aufgezeigten Fakten entwickelte. Als Kriterium für die Wettbewerbsaktivität wird die Entwicklung der Stahlpreise verwendet [2].

Die Gesamtmenge der Eisen- und Stahlindustrie läßt sich wegen der Preisinelastizität infolge des geringen Anteils der Stahlkosten bei den meisten Fertigungserzeugnissen über den Preis kaum steigern. Jeder Stahlanbieter hat andererseits wegen seinen hohen Fixkosten bei rückläufiger Konjunktur bisher versucht, durch Preisnachlässe mehr Aufträge zwecks besserer Auslastung seiner Anlagen hereinzunehmen. [3]

---

1) H. Könler: Walzstahlkontore; Schriftenreihe der Wirtschaftsvereinigung Eisen- und Stahlindustrie zur Wirtschafts- und Industriepolitik, Heft 8, Düsseldorf 1967, Seite 21

2) Die Entwicklung der Stahlpreise kann als ein Kriterium zur Messung der Wettbewerbsintensität verwendet werden, denn in der Oligopol-Literatur wird die These vertreten, daß in einem reifen Oligopol die Phase des Preiswettbewerbs durch die Phase des Wettbewerbs auf Gebieten wie Werbung und Qualität abgelöst wurde. Vgl. E. Heuss: Das Oligopol, ein determinierter Markt, Weltwirtschaftl. Archiv, 1960, Bd. 84, Seite 178

3) F.W. Grote: a. a. O. Seite 17

Vergleicht man die Entwicklung der Erzeugerpreise in der Eisen- und Stahlindustrie mit der Entwicklung in wichtigen anderen Industriezweigen, so kann man feststellen, daß im Zeitraum 1960 - 1967 in der Stahlindustrie der Preisindex um 10,2 % zurückging, während im gleichen Zeitraum der Preisindex für Investitionsgüter um 11,1 % und der Index für Verbrauchsgüter um 11,4 % anstieg. Die Daten für 1968 - 1970 sind nur noch bedingt mit den vorhergehenden vergleichbar, weil die Indices ab 1968 von der Umsatzsteuer bereinigt sind. In diesem Zeitraum (1968 - Aug. 1970) stieg der Preisindex in der Stahlindustrie um 15,8 % auf 100,5, bei den Investitionsgütern um 12,3 % auf 111,5 und bei den Verbrauchsgütern um 7,8 % auf 110 Punkte. Die Eisen- und Stahlindustrie hatte in diesem Zeitraum zwar den stärksten Preisanstieg (+ 15,8 %), bleibt jedoch insgesamt mit 11 % hinter der Investitionsgüterindustrie und mit 9,5 % hinter der Verbrauchsgüterindustrie zurück.

Tab. 9

Entwicklungslauf der Preisindices von 1960 - 1970

Industriezweig	1960	1962	1967	1968[1]	1969[2]	1970[2]
Eisen- und Stahl	102,0	100	91,8	84,7	90,6	100,5
Investitionsgüter	94,5	100	105,6	99,2	102,7	111,5
Verbrauchsgüter	96,6	100	108,0	102,2	104,6	110,0

Quelle: Statistisches Jahrbuch für die BRD 1969, Seite 418 ff
1970, Seite 407 ff
für 1970: BMWI - Monatsberichte, Nr. 10, 1970
Entwicklung der Preise; Tab. VII

1) Ohne Mehrwertsteuer

2) Stand August 1970

Wegen den jahrelangen Wettbewerbsverzerrungen auf dem Gemeinsamen Markt zuungunsten der deutschen Stahlindustrie wirkte sich der Übergang vom Verkäufer- zum Käufermarkt Anfang der 60-er Jahre besonders negativ aus, denn im Zeitraum von 1960 - 1968 erhöhte sich der Anteil der importierten Walzstahlerzeugnisse an der deutschen Marktversorgung von 15,2 % auf 28,5 % [1]. Fock [2] kommt in seiner Untersuchung zu dem Ergebnis, daß die Stahlkonzerne in der Montanunion eine flexible, konjunkturreagible Preispolitik treiben. Aufgrund der Tatsache, daß in der Gemeinschaft gleich starke Oligopole ohne ein marktbeherrschendes Unternehmen bestehen, wird in der Eisen- und Stahlindustrie der Gemeinschaft und somit auch in der Bundesrepublik aktive Preispolitik im Gegensatz zur amerikanischen Stahlindustrie, die durch ein assymetrisches Oligopol gekennzeichnet ist, betrieben. Ein endgültiges Urteil läßt sich für die Zukunft jedoch nicht fällen, vor allem weil die Kontore einmal erst ziemlich jungen Datums sind und zum anderen nur als Übergangslösung konzipiert wurden.

Ein wesentlicher Bestimmungsfaktor für die Intensität industrieller Forschung und Entwicklung ist das sog. "technologische Potential" eines Industriezweiges, d. h. der Umfang industrieller Forschung und Entwicklung hängt im wesentlichen von der Art, Reife und dem Umfang der technischen Basis eines Unternehmens bzw. Industriezweiges ab [3]. Die Art der technischen Basis wird durch naturwissenschaftliche, ingenieurmäßige oder handwerkliche Fundierung der angewandten Produktionstechnik gekennzeichnet. "Zwischen Art und Alter der technischen Basis bestehen insofern Wechselwirkungen, als die naturwissenschaftlich fundierten Industriezweige (Produkte) tendenziell ein geringeres Alter aufweisen." [4] Die Breite des bisherigen Produktionsprogrammes bestimmt den Umfang der technischen Basis. Der Industriezweig ist ein grober Indikator zur Charakterisierung der technischen Basis einer Unternehmung. [5]

---

1) Wirtschaftsvereinigung Eisen- und Stahlindustrie, Stahlmarkt-Daten, Dez. 1968, Seite 6

2) D. Fock: a. a. O. Seite 134

3) G. Schätzle: a. a. O. Seite 158

4) ebenda

5) ebenda

Stahl wird schon seit über 100 Jahren industriell hergestellt, so daß heute ein sehr hoher Reifegrad der technischen Basis erreicht ist. Die traditionellen Industriezweige, zu denen die Eisen- und Stahlindustrie gehört, besitzen meist eine enge technische Basis, da die technischen Kenntnisse in vielen Fällen nur zur Herstellung eines Produktes geeignet sind. "Die Kenntnisse, die zur Stahlerzeugung notwendig sind, lassen sich kaum für andere Produkte nutzbar machen." [1]

Diese Feststellung von Schätzle zur Charakterisierung der technologischen Basis traditioneller Industriezweige mag tendenziell richtig sein, doch läßt sich Stahl heute ohne intensive Forschung, vor allem auf verfahrenstechnischem Sektor, kaum noch wirtschaftlich produzieren. Die Ansprüche, die heute seitens der Nachfrager, wie beispielsweise die Luft- und Raumfahrtindustrie oder die im Entstehen begriffene Untermeeresindustrie, an die Stahlerzeugnisse gestellt werden, verlangen umfangreiche und intensive Forschungsarbeiten. Auf verfahrenstechnischer Seite fordern die Entwicklung bzw. die Verbesserung kompliziertere Produktionsverfahren fundierte naturwissenschaftliche Kenntnisse. Erwähnt seien hier nur die Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der Direktreduktion des Roheisens mit Hilfe der Kernenergie, die subtile naturwissenschaftliche Kenntnisse und Erfahrungen auf physikalischem und chemischen Gebieten voraussetzen.

Aufgrund der oben erwähnten Faktoren kann gesagt werden, daß die Stahlindustrie, trotz der Einfachheit des Produktes, heute eine breite, naturwissenschaftlich-fundierte technische Basis besitzen muß, um in der Zukunft erfolgreich bestehen zu können. Von großer Bedeutung sind heute im Bereich der Grundlagenforschung Studien der Metallphysik und im verfahrenstechnischen Bereich Studien zur Direktreduktion von Erzen. Bessere Kenntnisse der physikalischen und mechanischen Eigenschaften der Rohstähle sollen es ermöglichen, der Nachfrage gerecht werdende Erzeugnisse zu produzieren. Die technische

---

1) G. Schätzle: a. a. O. Seite 157

Basis besitzt nicht eine solche technische Breite wie etwa die chemische oder elektrotechnische Industrie, denn im Vergleich zu den Produkten dieser Branchen ist das Produkt "Stahl" relativ unkompliziert; trotzdem verlangt die wirtschaftliche Herstellung des Produkts "Stahl" ständig steigende Forschungs- und Entwicklungsarbeiten.

Abschließend wollen wir noch einmal kurz die wichtigsten sektoralen Bestimmungsgründe für die Forschungs- und Entwicklungsintensität zusammenfassen:

- Die Eisen- und Stahlindustrie[1] setzt sich aufgrund ihrer spezifischen produktionstechnischen Eigenschaften aus großen, integrierten Unternehmenseinheiten zusammen.
- Der Konzentrationsgrad ist im Vergleich zu anderen europäischen Staaten noch relativ niedrig, hat aber im letzten Jahrzehnt erheblich zugenommen und wird voraussichtlich in Zukunft noch erheblich steigen.
- Die Angebotsstruktur ist ologopolistisch. Durch wirksame europäische und überseeische Konkurrenz ist der Preiswettbewerb noch funktionsfähig.
- Trotz des relativ unkomplizierten Produkts "Stahl" verlangt die wirtschaftliche und der Nachfrage gerecht werdende Herstellung des Stahls in zunehmendem Maße intensive Forschungsarbeiten.

---

1) Streng genommen müßte es nach der Definition des statistischen Bundesamtes "Eisenschaffende Industrie" heißen.

III. Motive, Zielsetzungen und Organisation von Forschung und Entwicklung in den befragten Unternehmen.

1) Motive und Zielsetzungen der F & E - Tätigkeit.

Seitdem festgestellt wurde, daß der technische Fortschritt ein sehr wichtiger Faktor für das zukünftige Wirtschaftswachstum darstellt, und seitdem ökonomische Untersuchungen über "Forschung und Entwicklung" durchgeführt werden, sind die F & E - Abteilungen und die Anstrengungen, die auf diesem Sektor gemacht werden, stark in den Vordergrund gerückt. Der durch ständig neue Produkte und Produktionsprozesse gekennzeichnete technisch-wirtschaftliche Wandel verlangt von den Unternehmen aktive Mitarbeit und aktives Mitgestalten technischer Änderungen, weil ein passives Anpassen an die Entwicklung immer schwieriger wird. Der Erwerb des Technischen Fortschritts mittels Lizenzen erfordert in unserer Zeit aktives Arbeiten an den Problemen, weil ohne ein bestimmtes Niveau die Lizenzen nicht zu verwerten sind und das "Know-How" mitgekauft werden muß.

Die von uns befragten Unternehmen betreiben alle Forschung und Entwicklung. In diesem Zusammenhang war es daher von Interesse zu wissen, aus welchen Motiven überhaupt Forschung und Entwicklung betrieben wird. Um einen Aufschluß über die Motive zu erhalten, die die Unternehmen der Eisen- und Stahlindustrie veranlaßten, F & E zu betreiben, wurde folgende Frage gestellt:

Welche Motive veranlassen Ihr Unternehmen Forschung und Entwicklung zu betreiben:

a) Erhaltung der eigenen Marktposition, d. h. Zwang durch die Konkurrenz.
b) Ausdehnung der eigenen Marktposition im Rahmen einer langfristigen Unternehmensplanung.
c) Sonstige

Bei Beantwortung dieser Frage wurde von Seiten der befragten Unternehmen darauf hingewiesen, daß sich in der Praxis beide Alternativen wohl kaum voneinander trennen ließen. Ziel einer jeden Unternehmenspolitik und damit auch der Forschungs- und Entwicklungsarbeit sei es zunächst die eigene Marktposition zu erhalten und darüber hinaus,

durch gezielte Forschungsprojekte langfristig eine Marktausdehnung zu erreichen.

Während der Diskussion dieses Problemkreises wurde von allen mit Nachdruck auf das Konkurrenzmoment hingewiesen. Der Stahlmarkt sei zumindest innerhalb der EWG als Binnenmarkt zu betrachten und die überseeische Konkurrenz, vor allem die Japaner, lieferten dem Industriezweig einen harten Wettbewerb.

Als Ergebnis konnte festgehalten werden:

a) Primär der sehr harte Wettbewerb auf dem Stahlmarkt zwingt die Unternehmen , F & E zu betreiben.
b) Die kleineren Unternehmen der Branche geben an, daß das Konkurrenzmoment für sie der entscheidende Faktor sei, F & E zu betreiben, vor allem weil sie im Rahmen ihrer finanziellen Möglichkeiten nicht in der Lage seien, risikoreiche und bahnbrechende Forschungsprojekte in Angriff zu nehmen.
c) Die großen und größten Unternehmen stellten das Konkurrenzmoment nicht mit dem gleichen Gewicht in den Vordergrund. Im Rahmen einer langfristigen Unternehmenspolitik versuchen sie, mit Hilfe von Forschung und Entwicklung bei bestimmten Produktgruppen einen Vorsprung gegenüber der Konkurrenz zu erreichen und somit ihre Marktposition zu verstärken. Langfristig suche man nach ganz neuen Anwendungsgebieten für Stahl (Ozeanologie)

Wie stark der Druck der Konkurrenz für die großen Unternehmen wirklich ist und welche Rolle dieser Druck für das Ausmaß der F & E - Anstrengungen spielt, konnte nicht festgestellt werden. Kritisch ist jedoch dazu zu vermerken, daß es einem großen Unternehmen optisch besser ansteht, langfristige F & E - Projekte ohne Zwang in Angriff zu nehmen, als durch den Wettbewerb dazu gezwungen zu werden. Bemerkenswert in diesem Zusammenhang für die Themenstellung ist noch, daß die kleinen Unternehmen der Branche die großen deutschen Stahlkonzerne als Konkurrenten angaben, während die großen Konzerne von der mächtigen überseeischen Konkurrenz sprachen. Unter den sonstigen Motiven gaben zwei Edelstahlwerke an, Ziel eines Teils der F & E - Arbeit sei es, auf gewissen Gebieten wie z.B. die Raumfahrt das amerikanische "Niveau" zu erreichen.

Als nächstes wurde die Frage untersucht, welche Faktoren die Höhe des jährlichen F & E - Budgets beeinflußen.

Frage: Welche Faktoren beeinflußen die Höhe der jährlichen Ausgaben für F & E.

a) Jahresgewinn
b) Jahresumsatz
c) die Höhe der Forschungsausgaben des Vorjahres
d) kurzfristige Unternehmensziele
e) langfristige Unternehmensziele
f) Druck von Seiten der Konkurrenz
g) Vorhandensein von Projekten, die Mindestanforderungen entsprechen

Einigen Aufschluß bei der Beantwortung dieser Frage geben die Ergebnisse der vorhergehenden Frage. Wie gezeigt werden konnte, spielt das Konkurrenzmoment eine wichtige Rolle in der Forschung und Entwicklung der Eisen- und Stahlindustrie.

Von allen befragten Unternehmen wurde darauf hingewiesen, daß bei Festlegung des F & E - Budgets die F & E - Anstrengungen der Konkurrenz überprüft und berücksichtigt würden, wobei der Jahresumsatz, Jahresgewinn und die F & E - Ausgaben des Vorjahres als Orientierungshilfe dienten. Es wurde weiter betont, daß Forschung und Entwicklung nur langfristig zu beurteilen sei. Kurzfristige Änderungen könnten zu starken Störungen der gesamten langfristigen Unternehmensplanung führen. "Der F & E - Apparat ist innerhalb eines kurzen Zeitraums in seinen Volumen kaum ohne Schaden für das Unternehmen veränderbar. Schrumpfen um mehr als 5 % ist ohne Erschütterung der F & E - Organisation kaum denkbar".[1] Ein besonderes Problem der Eisen- und Stahlindustrie ist das Nachwuchsproblem. Es mangelt an qualifizierten

---

1) K. Berthold: a. a. O. Seite 118
Vgl. auch E. Mansfield: The Economic of Technical ... a. a. O. S. 62
Still another factor is the emphasis firms seem to place on the stability of their R and D programs; they try to avoid an expansion of their program which may soon have to be cut back".

Ingenieuren, wodurch dem Ausbau der personellen Kapazität der F & E - Abteilungen ein Riegel vorgeschoben ist.[1)]

Jahresgewinn, Jahresumsatz, die Höhe der F & E - Ausgaben des Vorjahres und die Anstrengungen der Konkurrenz bilden den äußeren Rahmen zur Festsetzung des F & E - Budgets. Ob das Schwergewicht auf kurz- oder langfristigen Unternehmenszielen liegt, ist einmal davon abhängig, welche Forschungsprojekte durchgeführt werden sollen oder bereits in Angriff genommen sind, und zum anderen, wo das Schwergewicht der F & E - Tätigkeit liegt, etwa bei Grundlagenforschung und Angewandter Forschung oder bei reiner Entwicklungsarbeit. Bestätigt wurde die Hypothese, daß Unternehmen bereit sind, ihr F & E - Budget zu erhöhen, auch während des laufenden Geschäftsjahres, wenn sich herausstellt, daß irgendein F & E - Objekt besondere Erwartungen hinsichtlich seiner ökonomischen Ausnutzung verspricht.

Eine weitere interessante Frage in diesem Zusammenhang ist die Frage nach den produktionstechnischen Zielsetzungen der F & E - Arbeit. Konzentriert man das Interesse der F & E - Arbeit in der Eisen- und Stahlindustrie auf verfahrenstechnische Probleme oder treibt man auch Produktforschung.

Frage: "Welche Zwecke verfolgen Sie mit der Forschung und Entwicklung?"

a) Kostensenkung durch
   aa) Verbesserung bereits bestehender Verfahren
   ab) Entwicklung von neuen Produktionsverfahren
b) Umsatzsteigerung durch
   ba) Verbesserung bereits bestehender Produkte
   bb) Entwicklung neuer Produkte.

---

1) "Ich kann meine F & E - Abteilung, auch wenn ich wollte, nicht ausbauen, weil einfach die Leute dazu fehlen. In der Eisen- und Stahlindustrie scheiden jährlich etwa 200 Hütteningenieure aus, etwa 40 absolvieren die Hochschule." Aussage des F & E - Direktores der Rheinstahl Hüttenwerke AG.

Tab. 10

Aufteilung der F & E - Anstrengung auf Verfahrens- und Produktforschung in den einzelnen Unternehmen.

Anzahl der Unternehmen		F & E - Anteil an der	
absolut	relativ	Verfahrensforschung	Produktforschung
-	-	10 %	90 %
1	5 %	20 %	80 %
2	10 %	30 %	70 %
5	40 %	40 %	60 %
11	55 %	50 %	50 %
1	5 %	60 %	40 %
-	-	70 %	30 %
-	-	80 %	20 %
-	-	90 %	10 %
20	100 %		

Quelle: Eigene Erhebung und Auswertung der Interviews.

Alle Unternehmen betreiben sowohl Produkt- als auch Verfahrensforschung. 55 % der befragten Unternehmen betreiben beide Forschungsmöglichkeiten etwa gleich intensiv. Die Tatsache, daß die Produktforschung stärker im Vordergrund steht, ist darauf zurückzuführen, daß die Edelstahlwerke das Schwergewicht ihrer F & E - Tätigkeit auf die Verbesserung und Entwicklung neuer Produkte legen.

Analysiert man nun weiter die Frage, worauf die Schwerpunkte bei Verfahrens- bzw. Produktforschung gelegt werden, d.h. wie sich die Mittel

auf Neuentwicklung und Verbesserungen verteilen, so ergibt sich folgendes Bild:

Tab. 11

Aufteilung der Mittel für Verfahrensforschung auf
- Verbesserung bereits bestehender Verfahren
- Entwicklung von neuen Produktionsverfahren

Anzahl der Unternehmen		Verfahrensforschung	
absolut	relativ	Verbesserung	Neuentwicklung
5	25 %	100 %	-
4	20 %	95 %	5 %
4	20 %	90 %	10 %
5	25 %	80 %	20 %
1	5 %	70 %	30 %
1	5 %	60 %	40 %
20	100 %		

Quelle: Eigene Erhebungen; Auswertungen der Interviews.

Tab. 12

Aufteilung der F & E - Mittel für Produktforschung auf
- Verbesserung bereits bestehender Produkte
- Entwicklung neuer Produkte

Anzahl der Unternehmen		Produktforschung	
absolut	relativ	Verbesserung	Neuentwicklung
1	5 %	100 %	-
1	5 %	90 %	10 %
5	25 %	80 %	20 %
6	30 %	70 %	30 %
4	20 %	60 %	40 %
3	15 %	50 %	50 %
20	100 %		

Quelle: Eigene Erhebung; Auswertung der Interviews.

Auf verfahrenstechnischem Sektor bestätigt sich die Hypothese, daß industrielle Unternehmen in der Regel nur sehr kleine Schritte in Richtung technisches "Neuland" tun und sich hauptsächlich auf die "Improvements" konzentrieren (Vgl. Tab. 11).

Bei der Produktionsforschung liegt das Schwergewicht zwar ebenfalls auf den "Improvements", jedoch werden im Verhältnis zur Verfahrensforschung mehr Mittel für Neuentwicklungen ausgegeben. Große Anstrengungen auf dem Gebiet der Produktforschung machen die Edelstahlwerke, da die ständig steigenden Ansprüche der Nachfrager intensive Anstrengungen notwendig machen. Klassifiziert man die befragten Unternehmen in Massenstahl- und Edelstahlproduzenten, so läßt sich feststellen, daß im Bereich der Massenstahlproduktion die Verfahrenstechnik und im Bereich der Edelstahlproduktion die Produktforschung im Vordergrund der F & E - Anstrengungen steht. Als letzte Frage in diesem Zusammenhang wurde die Frage nach der ökonomischen Zielsetzung untersucht, d.h. wie schnell sich in der Regel Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen im Betriebsergebnis bemerkbar machen.
Frage: "Welches sind die ökonomischen Ziele Ihrer F & E - Tätigkeit"?

- kurzfristige Gewinne
- kurz- und langfristige Gewinne
- langfristige Gewinne"

Tab. 13

Die ökonomischen Erwartungen in der F & E - Tätigkeit

Zielsetzung	Ergebnisse	
	absolut	relativ
kurzfr. Gewinne	-	-
kurz- und langfristige Gewinne	17	85 %
langfr. Gewinne	3	15 %
Summe	20	100 %

Quelle: Eigene Erhebung; Auswertung der Interviews.

Nur kurzfristige Gewinne lassen sich mit F & E nicht realisieren. 85 % erwarten kurz- und langfristige Gewinne, und rund 15 % der befragten erwarten langfristige Gewinne. Zu dieser Gruppe gehören die Grundlagenforschung treibenden Unternehmen. Aus betriebswirtschaftlicher Sicht herrscht Übereinstimmung darüber, daß Forschung und Entwicklung die Aufgabe hat, die Rentabilität des Unternehmens zu erhalten bzw. zu steigern bzw. die relative Rentabilität des Unternehmens zu steigern, d.h. über verbesserte Verfahren und Produkte und / oder neue Verfahren und Produkte ein Absinken der Rentabilität zu verhindern.

Interessant an diesem Ergebnis ist, daß man sich von Forschung und Entwicklung nicht nur langfristige Gewinne verspricht, wie man das eigentlich erwarten müßte. Wenn rund 85 % der befragten Unternehmen sowohl kurz- als langfristige Gewinne erwarten, so kann dieses Ergebnis nur dahingehend interpretiert werden, daß ein Teil der F & E - Mittel in die "Improvements" fließen, die sich kurzfristig auswirken können.

Art der Forschungs- und Entwicklungstätigkeit

Ziel dieses Teils der Arbeit ist es, die Art der Forschungs- und Entwicklungstätigkeit der Unternehmen der Eisen- und Stahlindustrie zu analysieren. Konkret heißt das, betreiben die befragten Unternehmen Grundlagenforschung, Angewandte Forschung und / oder Entwicklung und in welchen Größenordnungen. [1)]

Zunächst soll jedoch anhand von einigen typischen Beispielen erläutert werden, welches in der Eisen- und Stahlindustrie typische Projekte für Grundlagenforschung, Angewandte Forschung und Entwicklungstätigkeiten sind.

Ein typisches Beispiel für Grundlagenforschung in der Eisen- und Stahlindustrie sind die Bemühungen zur Roheisenerstellung außerhalb des Hochofens, die sog. Direktreduktion des Erzes oder mit dem Fachausdruck

---

1) Vgl. zu diesen Begriffen die Definitionen in Kapitel I 1, die der Befragung zugrunde lagen.

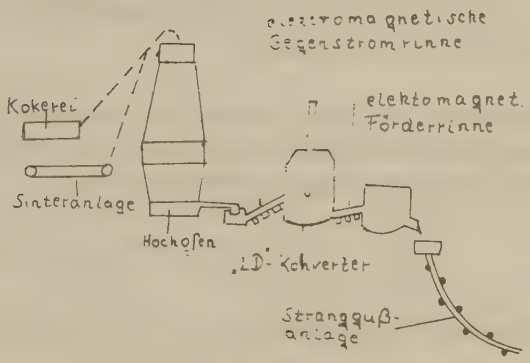
die Eisenschwammetallurgie. Eine besondere Bedeutung kommt hierbei dem Energieträger zu. Die in diesem Zusammenhang interessantesten Forschungsarbeiten versuchen die Kernenergie als Energieträger nutzbar zu machen.

Eine sehr wesentliche Funktion auf dem Gebiet der Grundlagenforschung erfüllt die "Physik der Metalle". Eingehende Grundlagenstudien über die kristallenen Gefüge der Metalle sind notwendig, um eventuell neue Anwendungsbereiche für Stahl zu erschließen. In diesen Bereich fallen die Bemühungen einiger Unternehmen auf dem Gebiet der Ozeanologie.

Auf dem Gebiet der Angewandten Forschung konzentrieren sich die Bemühungen stark auf die kontinuierliche Stahlerzeugung, d.h. die einzelnen metallurgischen Prozesse und ihre Verbindungen sollen in einen kontinuierlichen Fluß ,ablaufen (Vgl. Abb. 4)

Abb. 4

Kontinuierliche Stahlerzeugung mit flüssigen Roheisen.



Quelle: U. Kalla, H.W. Kreutzer, H. Ottmer u. H.D. Pantke in Stahl und Eisen 1970, Heft Nr. 21, Seite 1149: Entwicklungsrichtungen der Stahlerzeugung.

" Dem Hochofen mit kontinuierlichem Abstich ist in unmittelbarer Nachbarschaft ein Sauerstoffaufblas-Konverter im Durchlaufbetrieb angeschlossen, der seinerseits wieder durch kontinuierliche Förderung - über ein Zwischengerät, das auch unter Vakuum betrieben werden kann, zum Desoxydieren oder Legierendes Rohstahl - direkt eine im kontinuierlichen Betrieb arbeitende Stranggußanlage versorgt. Die in diesem Bild als Transportmittel eingesetzten Stranggußanlagen könnten außerdem sogar noch - entsprechend einem Vorschlag von H. Schenk - für einen Teil der metallurgischen Arbeit, z. B. Entschwefeln, verwendet werden. Alle schweren Hebezeuge fielen weg". 1)

Ein weiteres Projekt ist das Elektro-Schlacke-Umschmelzverfahren, das mittlerweile schon zur Produktionsreife entwickelt wurde. Mit Hilfe dieses Verfahrens wird es ermöglicht, Schmiedeblöcke mit höchstem Reinheitsgrad und damit mit besten physikalischen und technologischen Eigenschaften zu produzieren.

Typische Entwicklungsprojekte für die Eisen- und Stahlindustrie sind die Verbesserungsversuche auf dem Gebiet der Sauerstoffblasverfahren, die Verbesserungen des Stranggußverfahrens, z. B. Mehrfachstranggußanlagen, oder neue Anwendungs- und Verbesserungsmöglichkeiten bei den Lichtbogenöfen. So kommt der Lichtbogenofen heute immer stärker beim Einschmelzen von unlegierten Kohlenstoffstählen zum Einsatz, während er zu Beginn der fünfziger Jahre ausschließlich für die Edelstahlerzeugung eingesetzt wurde.

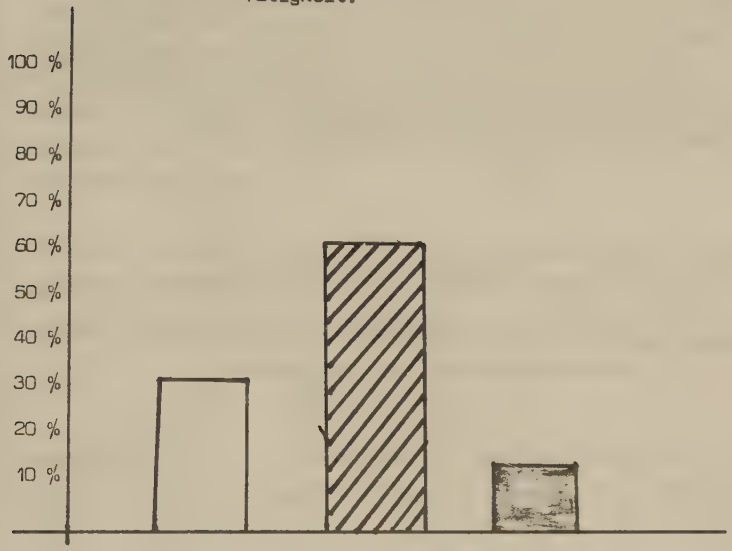
Bei Untersuchung der Frage, inwieweit in der Eisen- und Stahlindustrie Grundlagenforschung, Angewandte Forschung und / oder Entwicklung betrieben wird, wurden folgende Ergebnisse erzielt:

---

1) U. Kalla, H. W. Kreutzer, H. Ottmar u. H. D. Pantke: Entwicklungsrichtungen der Stahlerzeugung, in: Stahl u. Eisen, Jg. 1970, Heft Nr. 21 v. 15. 10. 70, Seite 1147 - 1153, hier Seite 1149

Abb. 5

Verteilung der Unternehmen nach Art der F & E - Tätigkeit.



= Unternehmen mit Grundlagenforschung, Angewandter Forschung und Entwicklung

= Unternehmen mit A F u. E, Angewandter Forschung und Entwicklung, jedoch ohne Grundlagenforschung

= Unternehmen nur mit E;

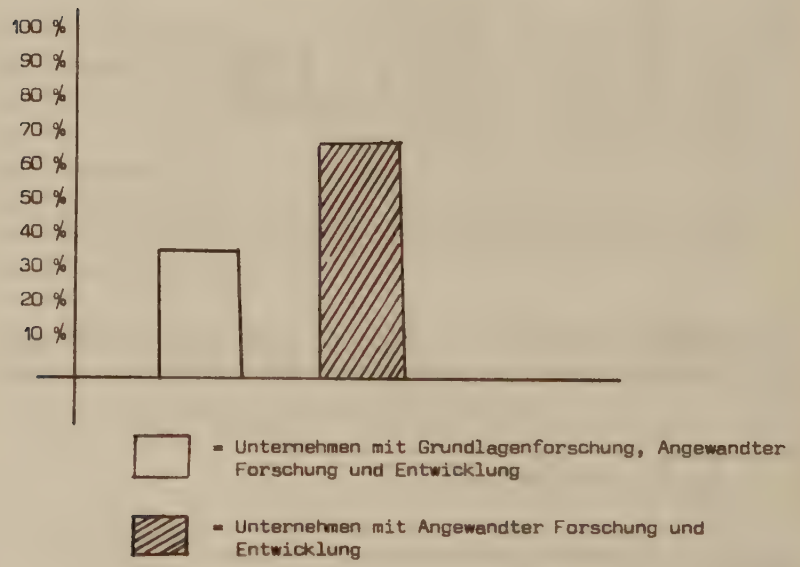
Quelle: Eigene Erhebung und Berechnung, Auswertung der Interviews.

Nur 30 % der befragten Unternehmen betreiben Grundlagenforschung, 60 % betreiben Angewandte Forschung und Entwicklung und rund 10 %

beschäftigen sich mit reinen Entwicklungsarbeiten. Der Berechnung der Abb. 7 liegen die Unternehmen als kleinste bilanzierende Einheit zugrunde, was jedoch nicht sehr sinnvoll erscheint, weil die Konzernzugehörigkeit vernachlässigt wird. Da die F & E - Politik von der Konzernspitze gesteuert wird und in vielen Fällen Arbeitsteilung innerhalb des Konzerns erfolgt, ist es sinnvoller die wirtschaftliche Einheit den Berechnungen zugrunde zu legen.

Abb. 6

Grundlagenforschung, Angewandte Forschung und Entwicklung in den Konzernen der Eisen- und Stahlindustrie.



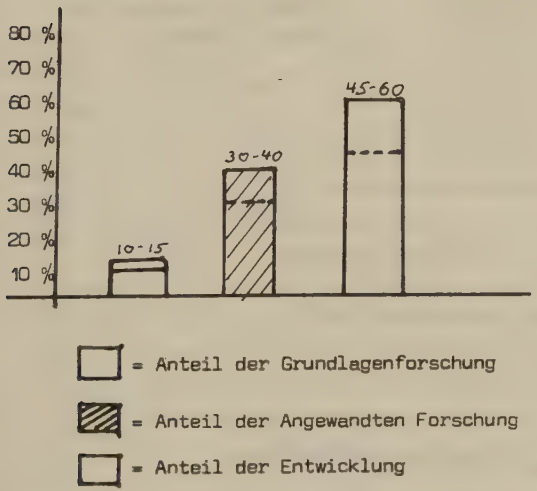
Quelle: Eigene Erhebung und Berechnung, Auswertung der Interviews.

Ein Drittel der Konzerne bzw. Unternehmen der Eisen- und Stahlindustrie betreiben Grundlagenforschung. Analysiert man dieses Ergebnis im Hinblick auf die Unternehmensgröße, so stellt man fest, daß die Grundlagenforschung sich in den größten Unternehmen konzentriert. Zu den Unternehmen, die angaben, Grundlagenforschung zu betreiben, gehören drei der größten Unternehmensklasse und der Rest der zweiten Unternehmensklasse an. Das Ergebnis scheint die Hypothese zu stützen, daß die großen Unternehmen aufgrund ihrer Größe und der damit verbundenen Finanzkraft eher geneigt sind, risikoreiche Projekte in Angriff zu nehmen.

Untersucht man nun, wie sich die finanziellen Mittel bei der Grundlagenforschung treibenden Unternehmen auf die einzelnen Stufen des F & E - Prozesses aufteilen, ergibt sich folgendes Bild.

Abb. 7

Verteilung der F & E - Ausgaben auf die einzelnen Stufen des F & E - Prozesses in der Grundlagenforschung betreibenden Unternehmen.



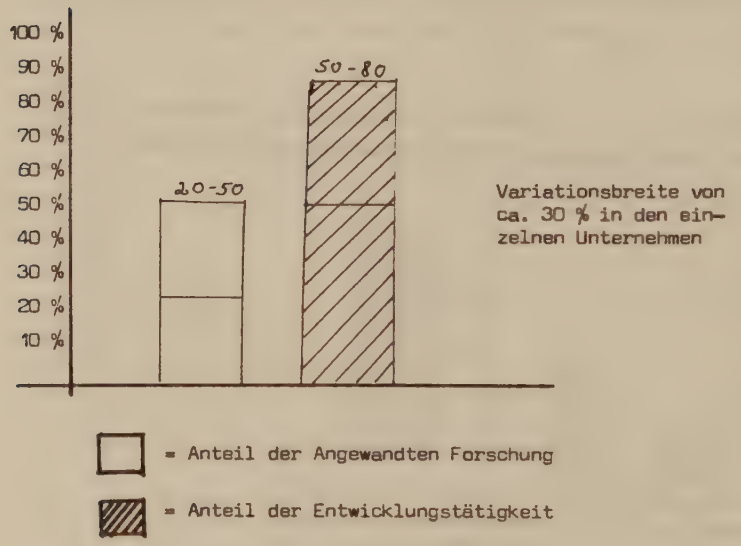
Quelle: Eigene Erhebung; Auswertung der Interviews.

Der überwiegende Teil der F & E - Angaben wird für Entwicklungstätigkeiten ausgegeben, das bedeutet, daß man sich überwiegend mit praxisnahen, relativ risikoarmen Projekten beschäftigt. Etwa 30 - 40 % der Mittel werden für Angewandte Forschung und etwa 10 - 15 % für Grundlagenforschung ausgegeben.

In den Unternehmen die nur Angewandte Forschung und Entwicklung betreiben, verteilen sich die Mittel wie folgt:

Abb. 8

Verteilung der F & E - Ausgaben auf Angewandte Forschung und Entwicklung in Unternehmen ohne Grundlagenforschung



Quelle: Eigene Erhebung; Auswertung der Interviews

Zwischen 20 - 50 % der F & E - Ausgaben werden in den Unternehmen, die keine Grundlagenforschung betreiben, für Angewandte Forschung und zwischen 50 - 80 % der Mittel für Entwicklungsarbeiten ausgegeben. Dabei zeigt es sich, daß mit abnehmender Unternehmensgröße sich das Schwergewicht der F & E - Tätigkeit immer stärker auf die Entwicklungstätigkeit verlagert. In Prozentzahlen ausgedrückt bedeutet dies, daß in den kleinen von uns untersuchten Unternehmen etwa 20 % für Angewandte und 80 % des Budgets für Entwicklungstätigkeiten ausgegeben werden.

Tab. 14

F & E - Ausgaben für Grundlagenforschung, Angewandte Forschung und Entwicklungstätigkeit in den befragten Unternehmen 1968

Art der F & E - Tätigkeit	F & E - Ausgaben	
	absolut (Mio DM	relativ
Grundlagenforschung	ca. 13 Mio	7,9 %
Angewandte Forschung	ca. 40 Mio	24,2 %
Entwicklung	ca. 112 Mio	67,9 %
	165 Mio	100,0 %

Quelle: Auswertung der Interviews.

Klassifiziert man die Unternehmen in Massen- und Edelstahlproduzenten, so zeigt sich, daß von den deutschen Edelstahlwerken nur zwei Unternehmen Grundlagenforschung betreiben. Das Schwergewicht dieser Unternehmen liegt auf praxisnahen Entwicklungstätigkeiten.

Tab. 15

F & E - Ausgaben der Edelstahlwerke für Grundlagenforschung, Angewandte Forschung und Entwicklung
1968

Art der F & E - Tätigkeit	F & E - Ausgaben	
	absolut (Mio DM)	relativ
Grundlagenforschung	3,0	8,6
Angewandte Forschung	9,0	25,6
Entwicklung	23,0	65,8
	35,0	100 %

Quelle: Auswertung der Interviews.

Als Ergebnis läßt sich zusammenfassend festhalten, daß Grundlagenforschung nur in den größten Unternehmen betrieben wird. Angewandte Forschung wird in allen Unternehmensgrößenklassen betrieben, jedoch mit der eindeutigen Tendenz, daß mit abnehmender Unternehmensgröße der Anteil der Angewandten Forschung zugunsten der Entwicklung abnimmt. Dieses Ergebnis läßt sich weiterhin dahingehend interpretieren, daß trotz der oligopolistischen Angebotsstruktur und des hohen technischen Reifegrades der Eisen- und Stahlindustrie mit zunehmender Unternehmensgröße die Risikobereitschaft wächst, in dem neben verstärkter Angewandter Forschung auch Grundlagenforschung betrieben wird.

3. Organisation von Forschung und Entwicklung in den befragten Unternehmen.

Ob Forschung und Entwicklung zentral oder zentralisiert in die Gesamtorganisation eines Unternehmens eingegliedert sind, hängt im wesentlichen von der Unternehmensgröße und damit von der Gesamtorganisation des Unternehmens ab. Großunternehmen sind in der Regel in selbständige Großabteilungen (divisions) gegliedert mit klar abgegrenzten Kompetenzbereichen, d.h. das Management dieser Großabteilungen ist dem

Unternehmensmanagement verantwortlich, denn mit zunehmender Größe und räumlich auseinanderliegenden Betriebseinheiten wird die Leitung eines Unternehmens mit Hilfe zentralisierter Organisationsstrukturen schwierig und der Informationsfluß langsamer. Die Unternehmenspolitik wird insgesamt inflexibler. So ist es heute ein anerkannter Grundsatz, daß sich industrielle Großunternehmen mit dezentralisierter Organisationsstruktur effizienter führen lassen. In der westlichen Welt ist dies der vorherrschende Typ der Organisation industrieller Großunternehmen. Die zentralisierte Organisationsform läßt sich nur bis zu einer bestimmten Größenordnung und bei räumlich zusammenhängenden Betriebseinheiten effizient gestalten.

Rubenstein mit seinen Mitarbeitern hat sich intensiv im Rahmen des "Programm of Research on the Management of Research and Development" [1] mit dem Problem der Organisation und Planung von Forschung und Entwicklung in Großunternehmen beschäftigt. In seiner über 100 dezentralisierte Großunternehmen umfassenden empirischen Studie aus sechs Industriezweigen kommt Rubenstein [2] zu dem Ergebnis, daß die dominierenden Merkmale eines dezentralisierten Unternehmens, die Organisation der Gesellschaft in relativ selbständige Einheiten [3], nach technologisch oder markttechnischen Gesichtspunkten und das Bestehen von Meßkriterien zur Beurteilung des Erfolgs dieser relativ selbständigen Einheiten sind. In der Art und Weise wie die F & E - Abteilungen in die Unternehmen eingegliedert sind, unterscheidet Rubenstein drei Typen [4] :

---

1) Dieses Programm wird vom Department of Industrial Engeneering and Management Sciences, The Technological Institute, Nortwestern University, Evanstan III unter der Leitung von Rubenstein durchgeführt. Vgl.: A.H. Rubenstein, Some Common Concepts on R & D - Management in: Research Programm Effectiveness; Hrsg. M.C. Yovits, u. a. New York 1966, Seite 399 - 424

2) A. H. Rubenstein: The constraints, zitiert nach K. Bertnold, a. a. O. Seite 75

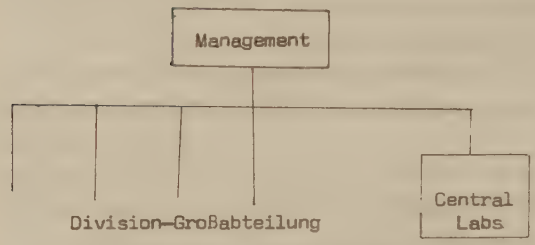
3) ebenda, zitiert nach K. Berthold: Forschung und Entwicklung a. a. O. S. 75 f

4) ebenda.

Abb. 9

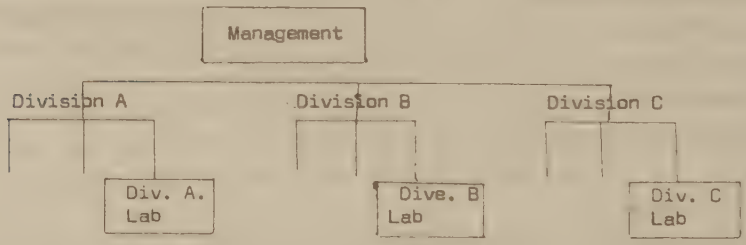
Organisationsformen von F & E

"Pure Centralized"



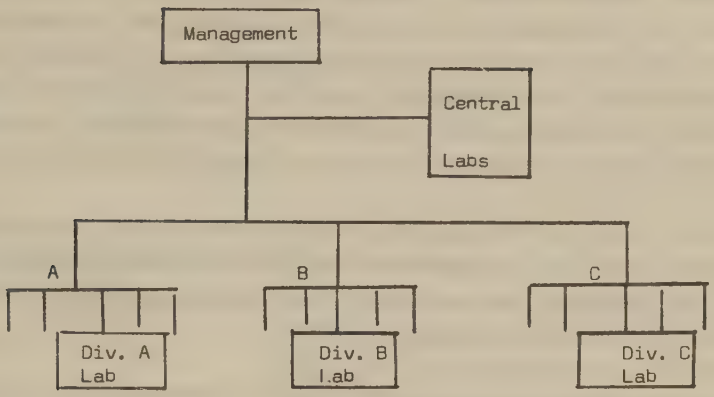
All work on new products and processes and all work on major improvements in products and processes are done in a central R and D facility. No work of this type is done within the divisions except, perhaps, an occasional major design job which approaches development proportions.

2. "Pure" Decentralized



All works on new products and processes and all works on improvements of products and processes are done within the operating divisions. In many large companies, a given division may have a number of labs concerned with different levels of R and D.

3. "Pure" Combination

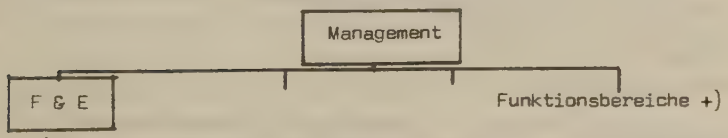


The more general or long-range or basic or exploratory work is carried out in a central lab and the more specific, short-term applied work is carried out within the divisions.

Quelle: H. A. Rubenstein: Organizational Factors ... a. a. O. Seite 622
Fig. 2 Patterns of Deployment of Research and Development in Decentralized Companies.

Diese drei für industrielle Großunternehmen typischen Organisationsformen für Forschung und Entwicklung reichen jedoch nicht aus, alle Unternehmen, vor allem kleinere Unternehmen, die nicht in Großabteilungen gegliedert sind, zu erfassen. Zu diesem Zwecke wurde eine vierte Organisationsform hinzugefügt, die diesem Sachverhalt Rechnung tragen soll.

4. Zentralisierte Organisation



+) Funktionsbereiche sind Gruppen innerhalb des Unternehmens, die mit der F & E - Abteilung zusammenarbeiten müssen. Hierzu gehören: Konstruktionsbüro, Arbeitsvorbereitung, Produktion, Absatz Finanzierung und Personalwesen.

Die Tatsache, daß verschiedene Großabteilungen eines Großunternehmens eigene Forschungs- und Entwicklungslabors unterhalten, besagt jedoch nicht, daß die einzelnen Großabteilungen ihre Forschungstätigkeit und ihr Forschungsprogramm selbständig abgrenzen und festlegen können. Gerade in dezentralisierten oder "kombinierter" Forschung und Entwicklung hat das Management spezielle Techniken konzipiert, um trotz der Delegation von Entscheidungen an nachgeordnete Instanzen eine einheitliche Leitung von Forschung und Entwicklung sicherzustellen[1].

Auch für den Forschungs- und Entwicklungsbereich gilt die Interdependenz aller Bereiche eines Unternehmens. Zielkonflikte sind die natürliche Folge von Interdependenzen, wenn Zielsetzungen durch Entscheidungen operationalisiert werden sollen.[2]

In der Eisen- und Stahlindustrie begann man größtenteils erst Anfang der 60'er Jahre mit einer Neuorganisation des F & E - Bereichs, die sich vor allem mit der Herauslösung der F & E - Tätigkeit aus anderen Bereichen wie beispielsweise aus der Qualitätskontrolle und - prüfung. Es ist jedoch auch heute noch oft anzutreffen, vorallem in kleineren Unternehmen und reinen Edelstahlwerken, daß diese organisatorische Trennung noch nicht vollzogen wurde, so daß eine exakte Erfassung der Kosten der F & E - Abteilung nicht möglich ist. Eine nachträgliche Zurechnung der Kosten, die in den einzelnen Abteilungen entstanden sind, ist nur sehr schwierig durchzuführen.

Auf die Frage, "welche der folgenden Beschreibungen kennzeichnet Forschungs- und Entwicklungsarbeit am besten in ihrem Unternehmen:

a) F & E findet ganz im zentralen Forschungslabor statt
b) Im wesentlichen zentralisiert, aber ein Teil der F & E - Tätigkeit wird in verschiedenen Abteilungen geleistet.
c) Etwa die Hälfte zentralisiert und denzentralisiert.
d) Der Hauptanteil derF&E - Tätigkeit ist dezentralisiert und wird von den einzelnen Abteilungen wahrgenommen, aber ein kleiner Teil ist auch zentralisiert.

---

1) K. Berthold: Forschung und Entwicklung in Großunternehmen, Seite 82.

2) ebenda,

e) die gesamte F & E - Tätigkeit ist dezentralisiert, d.h. sie findet innerhalb der einzelnen Abteilungen statt.

antworteten die befragten Unternehmen wie folgt:

Tab. 16

F & E - Abteilungen in den befragten Unternehmen [1)]

Alternative	Ergebnisse	
	absolut	relativ
Alternative (a)	16	80 %
Alternative (b)	4	20 %
Alternative (c)	-	-
Alternative (d)	-	-
Alternative (e)	-	-
Summe	20	100 %

1) 20 rechtlich selbständige Einheiten

Quelle: Eigene Erhebung, Auswertung der Interviews.

Sinn dieser Fragestellung war, festzustellen, ob die Unternehmen der Eisen- und Stahlindustrie ihre F & E - Arbeit von den einzelnen Funktionsbereichen wie Produktion, Konstruktion oder Arbeitsvorbereitung durchführen lassen, oder ob sie organisatorisch dafür eigens geschaffene Abteilungen, die F & E - Abteilung, einschalten.

80 % der befragten Unternehmen führen ihre gesamte F & E - Tätigkeit in eigens dafür geschaffenen F & E - Abteilungen durch. Die restlichen 20 % lassen im wesentlichen die F & E - Arbeiten von den dafür bestimmten Abteilungen durchführen, ein kleiner Teil dieser Tätigkeit wird jedoch von anderen Abteilungen wahrgenommen wie beispielsweise

von der Konstruktionsabteilung, wobei es sich in den meisten Fällen bei diesen Arbeiten um praxisnahme Probleme handelt. Die Befragung ergab, daß alle Unternehmen eine unternehmenseigene Forschungs- und Entwicklungsabteilung besitzen, die für die Durchführung der Arbeiten auf diesem Gebiet zuständig ist. Die Möglichkeit, die F & E - Arbeiten im wesentlichen oder ganz in den verschiedenen Abteilungen des Unternehmens durchführen zu lassen, wurde in keinem der befragten Unternehmen angetroffen.

Als nächstes wurde untersucht, wie die F & E - Abteilungen organisatorisch in das Gesamtunternehmen eingegliedert sind, wobei der Frage die vier aufgezeigten Organisationstypen zugrunde gelegt wurden.

Tab. 17

Organisation der F & E - Abteilungen in den Unternehmen der Eisen- und Stahlindustrie

Organisationstyp	Ergebnisse	
	absolut	relativ
Pure centralized	2	10 %
Pure decentralized	2	10 %
Pure combination	11	55 %
Zentralisiert [1]	5	25 %
Summe	20	100 %

1) Bei diesem Organisationstyp erfolgtkeine Untergliederung in Großabteilungen (Divisions). Wenn bei diesem Typ eine F & E - Abteilung besteht, die die gesamten F & E - Arbeiten durchführt, muß sie zwangsläufig zentral organisiert sein.

Quelle: Eigene Erhebungen

In Großunternehmen mit mehreren Divisions ist die am häufigsten angetroffene Organisationsform die der Kombination zwischen zentralisiert und dezentralisiert (55 %). Vollkommen dezentralisierte F & E - Abteilungen, d.h. die F & E - Tätigkeit liegt im Bereich der einzelnen Subeinheiten, wurden nur in zwei Unternehmen angetroffen. Von Seiten der Unternehmen wurde jedoch darauf hingewiesen, daß zur Zeit im Rahmen einer Neuorganisation eine stärkere Zusammenfassung und stärkere Koordinierung der F & E - Tätigkeiten angestrebt werde. Großunternehmen mit einem zentralen Forschungslabor mit Zuständigkeit für alle Subeinheiten (Divisions) sind in der Eisen- und Stahlindustrie selten (5 %). Die kleineren Unternehmen der Branche, die organisatorisch nicht in Divisions untergliedert sind, betreiben die F & E - Tätigkeit in zentralen, für das gesamte Unternehmen zuständigen Labors (25 %).

Im folgenden soll an einigen konkreten Beispielen gezeigt werden, wie die großen Unternehmen der Eisen- und Stahlindustrie Forschung und Entwicklung in das Gesamtunternehmen eingegliedert sind.

1. Thyssen - Gruppe

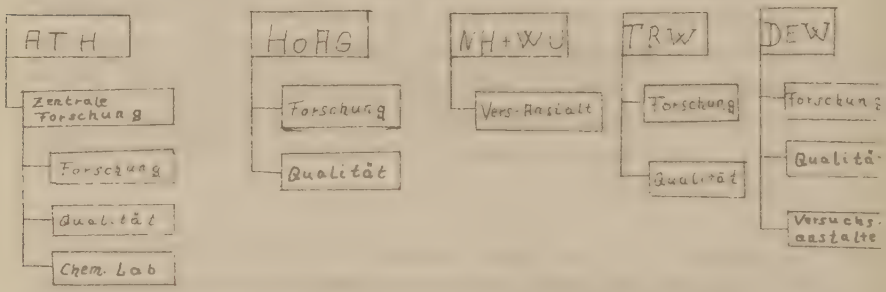
Hinsichtlich der Organisation von Forschung und Entwicklung in der Gruppe, stellt man sich die Frage, wie diese beschaffen sein muß, um zu einer möglichst hohen Effizienz und Flexibilität zu gelangen bei
- der dezentralen Unternehmensstruktur mit nahe beieinanderliegenden Produktionsstätten
- dem stark differenzierten Erzeugnisprogramm der einezlnen Unternehmen und
- der daraus resultierenden unterschiedlichen Aufgabenstellung.

Aus den gegebenen Umständen wurden folgende Forderungen für die Forschung und Entwicklung abgeleitet:
- Problemnähe
- Elastizität
- Vermeidung von Doppelarbeit und Lücken
- und insbesondere nach einer wirkungsvollen und schnellen Nutzung der gewonnenen Erkenntnisse.

Aufgrund der Aufgabenstellung und der daraus abgeleiteten Forderungen wurde folgende Organisationsstruktur vom AT-Konzern entwickelt:

Abb. 10

Organisation von Forschung und Entwicklung in der Thyssen-Gruppe



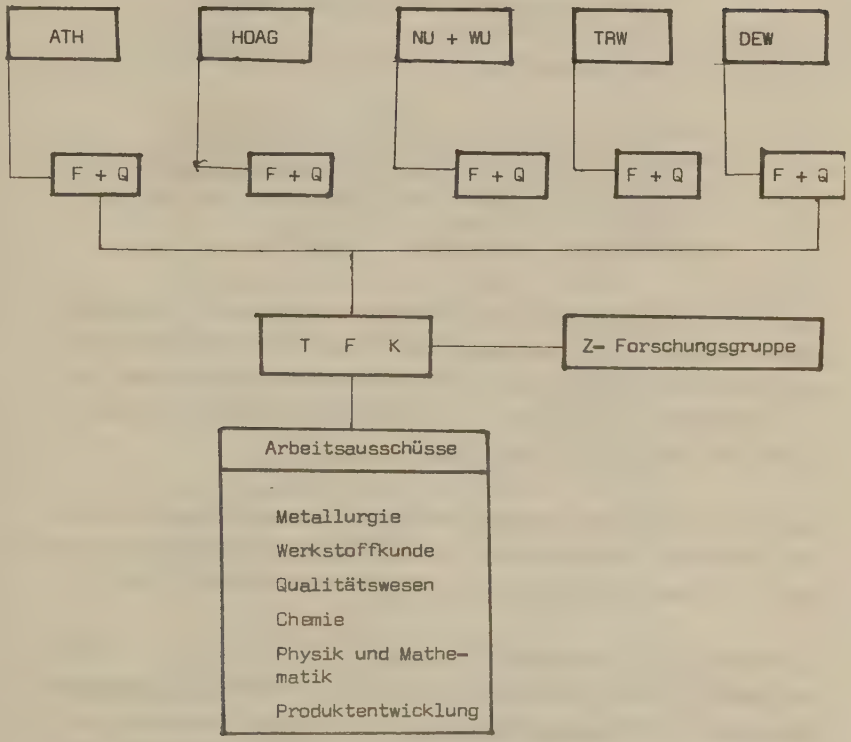
Die Träger der Forschung und Entwicklung sind die einzelnen Unternehmen mit ihren Forschungs- und Versuchsanstalten, wobei den Versuchsanstalten die Erprobung technischer Neuentwicklung im halbbetrieblichen Maßstab zufällt. Der Aufbau der F & E - Abteilungen in den einzelnen Unternehmen ist der unterschiedlichen Programmstruktur sowie der Entwicklung der einzelnen Unternehmen angepaßt.

Diese dezentrale Gliederung setzt eine lückenlose Koordination auf der Gesamtunternehmensebene voraus, die über den Thyssen-Forschungs-Kreis (TFK) erfolgt. In diesen Kreis werden die jeweiligen Leiter der F & E - Abteilungen entsandt.

Um die laufenden Arbeiten zu koordinieren, wurde neben dem in regelmäßigen Abständen tagenden T F K die Stabstelle "Z-Forschung-Gruppe" gebildet. Der Leiter dieser Abteilung soll versuchen die Koordinierung mit dem T F K wirksam durchzuführen.

Abb. 11

Koordination von F & E in der Thyssen-Gruppe



Quelle: Dr. Connert: Forschung und Entwicklung in der Thyssen-Gruppe Vertrag anläßlich des Thyssen-Tages am 28.3.69

"Aus der Kenntnis der Probleme aller Unternehmen, formuliert der T F K überall dort, wo sich Interessen überschneiden, Aufgabenstellungen zu Gruppenvorhaben. Weiter nimmt der Ausschuß folgende Aufgaben wahr:

1. Koordinierung von Investitionsvorhaben für Forschung und Entwicklung, um nicht notwendige Doppelinvestitionen zu vermeiden.

2. Sicherstellung der wechselseitigen Benutzung grösserer Apparaturen
3. Die Koordinierung des Auftretens der Thyssen-Gruppe nach außen hin, z.B.
   - bei technischen-wissenschaftlichen Gemeinschaftsarbeiten
   - bei wissenschaftlichen Veröffentlichungen und
   - bei Normengremien und Abnahmegesellschaften.

Der T F K stützt sich in Administration und Dokumentation auf die "Z-Forschungs-Gruppe", eine Stabstelle, die sich moderner Datenverarbeitungsanlagen bedient, um den ständig wachsenden Umfang an Ergebnissen und Daten griffbereit speichern und kurzfristig auswerten zu können." 1)

Neben den Ausschüssen für die klassichen Arbeitsgebiete, Metallurgie, Werkstoffkunde, Qualitätswesen, Chemie, Physik und Mathematik wurde ein zusätzlicher Arbeitsausschuß "Produktentwicklung" gebildet, der in projektbezogenen "ad-hoc" - Arbeitsgruppen technische Entwicklungen über neue Anwendungsmöglichkeiten diskutiert.

Die Ausführungen haben gezeigt, daß in der Thyssen-Gruppe Forschung und Entwicklung dezentralisiert mit eindeutiger Aufgabenstellung durchgeführt und durch Koordination auf Konzernebene gesteuert wird.

In ähnlicher Form koordiniert die Hoesch-AG ihre Forschungs- und Entwicklungstätigkeit, und zwar mit Hilfe von getrennten Entscheidungs-, Beratungs- und Informationskollegien. Als Beispiel für die mögliche Zusammensetzung und Aufgabenstellung solcher Kollegien wird die Organisation des "Arbeitskreises Forschung und Entwicklung", der die Forschung und Entwicklung im Hoesch-Konzern koordiniert, beschrieben.

---

1) Dr. Comnert, a. a. O. Seite 12 f.

"Bisher arbeiteten die verschiedenen Werksgruppen unserer Gesellschaft hierbei (gemeint ist F & E) weitgehend selbständig. Die wachsende Tätigkeit auf dem Gebiet der Forschung, die zudem ständig mehr Gebiete umfaßt, sowie der schnelle Fortschritt der Technik verlangten jedoch, bei Beibehaltung des Prinzips der eigenen Verantwortung unserer Werke für ihren eigenen Bereich, eine stärkere Koordinierung der Kräfte und eine straffe Ausrichtung auf gemeinsame Aufgaben, um ein Höchstmaß des Erreichbaren zu erzielen. Deshalb riefen wir den Arbeitskreis "Forschung und Entwicklung" ins Leben". 1)

"Etwa zwanzig Arbeitsgruppen beschäftigen sich heute innerhalb des von .... geleiteten Arbeitskreises mit vielfältigen Forschungs- und Entwicklungsaufgaben. An jeder dieser Gruppen sind fünf bis sieben Wissenschaftler und Ingenieure, und zwar nicht nur Mitarbeiter aus den Versuchsanstalten, sondern auch Ingenieure aus der Qualitätsstelle und des technischen Außendienstes sowie der Betriebe beteiligt. Bei regelmäßigen Besprechungen diskutieren sie gemeinsam die inzwischen erzielten Ergebnisse und die Gangbarkeit neuer Wege. Die Arbeitsgruppen legen daraufhin die Versuchsprogramme im einzelnen fest und verteilen die Aufgaben an die jeweiligen Forschungslabors, Qualitätsstellen und Betriebsabteilungen. Der Fortgang der Arbeiten und die schrittweise gewonnenen neuen Erkenntnisse werden in einer Kartei aufgenommen. Ist eine Aufgabe abgeschlossen, legt jede Gruppe das Endergebnis in einem Bericht nieder.

Geführt werden die einzelnen Gruppen von der Forschungsleitung. Die Forschungsleitung legt gemeinsam mit dem Vorstand die einzelnen Arbeitsthemen fest, gründet neue Arbeitsgruppen und löst alte auf, wenn deren Forschungsziel erreicht ist. Außerdem stellt die Forschungsleitung in regelmäßigen Besprechungen die Ergebnisse der verschiedenen Arbeitsgruppen gegenüber, prüft sie und bildet gegebenenfalls neue Schwerpunkte für die weiteren Arbeiten.

---

1) W. Ockel, Vorwort, Hoesch-Berichte aus Forschung und Entwicklung unserer Werke, 1. Jg. (1966) Seite 5

> Der Forschungsbeirat, dem die technischen Mitglieder der Direktorien, Vorstände und Geschäftsführer unserer Werke und Gesellschaften angehören, sichert die tatkräftige Unterstützung der Forschungsarbeit in den verschiedenen Betrieben und legt die allgemeine Richtung fest, in der sich die Arbeit des Kreises bewegt." 1)

Eine andere, häufig anzutreffende Form der Arbeitsteilung von Forschungs- und Entwicklungsarbeiten in den Großunternehmen ist die Aufteilung der Aufgaben auf ein Zentrallabor und die Labors der Subeinheiten (Divisions). Diese Form soll noch kurz anhand der F & E - Organisation im Krupp-Konzern dargestellt werden. Im Jahre 1965 wurde durch die Gründung des Friedrich Krupp Zentralinstitutes für Forschung und Entwicklung die Koordinierung aller wissenschaftlicher Bereiche des Konzern angestrebt.

> "Im Labor und in den Technika des Zentralinstitutes sollen vor allem Probleme bearbeitet werden, die für einen breiten Kreis Krupp'scher Unternehmen von Interesse sind oder in den Forschungs- und Entwicklungsstätten der einzelnen Betriebe selbst nicht durchgeführt werden können. Neben Grundlagenforschung wird ... Angewandte Forschung ... betrieben. Aus dieser Situation ergibt sich, daß im Essener Zentralinstitut von Fried. Krupp nur etwa 10 % der für Forschung und Entwicklung insgesamt tätigen Mitarbeiter (2.500) beschäftigt sind.
>
> Die Leitlinie der Organisation ist es, einen möglichst großen Teil der Forschung und Entwicklung produktionsnah zu halten, jedoch die Forschungsarbeit im gesamten Konzern von Essen aus zu koordinieren. 2)

---

1) Hoesch-Forschung auf neuen Wegen, Werk und Wir, eine Zeitschrift für die Mitarbeiter der Hoesch AG, 5 Jg. (1966) S. 173 - 175

2) Neues Zentrum der Krupp-Forschung, zweiseitig hektographiertes Manuskript Hrsg. Fried. Krupp, Stabsabteilung Information Juli 1965, Seite 36

Folgende Fakten lassen sich zusammenfassend zur Organisation von Forschung und Entwicklung in der Eisen- und Stahlindustrie festhalten:

1. Unternehmen ohne Gliederung in Großabteilungen (Divisions) führen ihre F & E - Arbeiten zentral für das gesamte Unternehmen durch. Die F & E - Abteilung ist organisatorisch mit den anderen Funktionsbereichen (Produktion, Absatz etc.) gleichgestellt und wird vom Vorstand kontrolliert.

2. Unternehmen mit einer Gliederung in Großabteilungen (Divisions) haben ihre F & E - Abteilungen ausschließlich dezentral organisiert.

3. Die in den großen Stahlkonzernen anzutreffende dezentralisierte Organisationsstruktur der F & E - Abteilungen bedient sich zweier Formen der Koordination:

   - Koordination durch übergeordnete Entscheidungs- und Beratungsgremien
   - Koordination und Arbeitsteilung in Zentrallabor und die F & E - Labors der einzelnen Subeinheiten (Divisions), wobei das Zentrallabor die langfristigen, alle Einheiten interessierenden Probleme behandelt, und die F & E - Labors der Subeinheiten sich mit kurzfristigen, praxisnahen Problemen beschäftigen.

IV. Die Entwicklung der F & E - Ausgaben in der Eisen- und Stahlindustrie im Vergleich mit der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung und der Entwicklung in einzelnen Industriezweigen.

1. Die gesamtwirtschaftliche Entwicklung der F & E - Ausgaben.

Um eine bessere Beurteilung der F & E - Aktivität der Eisen- und Stahlindustrie zu ermöglichen, wird im folgenden kurz die Entwicklung der gewerblichen F & E - Ausgaben der BRD und ein Vergleich mit einzelnen Industriezweigen gegeben.

Die Tabelle 18 zeigt deutlich, daß die Ausgaben für Forschung und Entwicklung in dem Zeitraum von 1956 - 1968 stark angestiegen sind, und die Kurve approximativ expontiell verläuft. Im Jahre 1968 wurden in der gewerblichen Wirtschaft der BRD rund 6,5 mal soviel in Forschung und Entwicklung investiert als im Jahre 1956. Die Aufwendungen für Gemeinschaftsforschung haben sich im gleichen Zeitraum etwa verdoppelt.

Betrachtet man das Bruttosozialprodukt als eine Meßzahl für die wirtschaftliche Leistung einer Volkswirtschaft in einer bestimmten Periode, so ergibt das Verhältnis von Aufwendungen für Forschung und Entwicklung zum Bruttosozialprodukt eine Meßzahl für die tatsächlich erbrachte Leistung der gewerblichen Wirtschaft auf dem Sektor von Forschung und Entwicklung. Dem Vergleich liegt implizit die Annahme zugrunde, daß die Preisentwicklung auf dem F & E - Sektor der gesamtwirtschaftlichen Preisentwicklung entspricht. [1]

---

[1] Wirtschaft und Wissenschaft, Jg. 1969, Heft Nr. 4, Seite 20.

Tab. 18

Ausgaben für Forschung und Entwicklung in der gewerblichen Wirtschaft der B R D . 1956 - 1968

Jahr	F & E - Ausgaben		davon	
	insges. in Mio DM	relativ 1962 = 100	Unternehmens-eigene F & E	Gemeinschafts-forschung
1956	798	37,1 %	756	42
1957	948	44,0 %	906	42
1958	1.061	49,3 %	1.001	60
1959	1.366	63,5 %	1.306	60
1960	1.569	72,9 %	1.508	61
1961	1.872	87,0 %	1.811	62
1962	2.150	100,0 %	2.058	92
1963	2.670	124,1 %	2.572	98
1964	3.279,4	152,5 %	3.197	82,4
1965	4.060	188,7 %	3.970	90
1966	4.500 [1]	209,3 %	.....	....
1967	4.807	223,5 %	4.717	90
1968	5.250 [2]	244,1 %	.....	....

1) 2) geschätzt

Quelle: Wirtschaft und Wissenschaft, Hrsg. Stifterverband für die deutsche Wissenschaft, Jg. 1969, Nr. 4, Seite 19

Im Jahre 1961 wurden von der westdeutschen Wirtschaft 0,57 % des Bruttosozialprodukts für Forschung und Entwicklung aufgebracht, im Jahre 1968 waren es 0,99 % des B S P. Diese Zahlen machen deutlich, daß sich die Anstrengungen der gewerblichen Wirtschaft auf dem Gebiet von Forschung und Entwicklung erheblich zugenommen haben.

2. Die Entwicklung der F & E - Aktivität in der Eisen- und Stahlindustrie von 1962 - 1968.

Für die Eisen- und Stahlindustrie standen nur Daten ab 1962 zur Verfügung, so daß eine volle Vergleichbarkeit mit der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung nicht möglich ist. Diese Daten enthalten die Angaben der von uns erfaßten Unternehmen, die ca. 92 % der westdeutschen Stahlproduktion herstellen und größten Anteil des F & E - Aufwandes tragen, so daß diese Daten für einen Vergleich brauchbar sind. Nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über die Entwicklung.

Tab. 19

Ausgaben für F & E in der westdeutschen Eisen- und Stahlindustrie 1962 - 1968

Jahr	F & E - Ausgaben		davon	
	Insges. in Mio DM	relativ 1962=100	Unternehmenseigene F & E	Gemeinschaftsforschung
1962	81,9	100	78,5	3,4
1963	96,0	117,2	92,1	3,9
1964	110,1	134,4	105,1	5,0
1965	126,0	153,8	120,5	5,5
1966	138,5	169,1	132,3	6,2
1967	157,0	191,6	149,2	7,8
1968	172,0	210,0	164,5	7,5
1969	200 +)	244,2	190,0	10,0

+) geschätzt aufgrund bereits vorliegenden Daten einzelner Unternehmen.

Quelle: Auswertung der Interviews.

Auch in der Eisen- und Stahlindustrie steigen die F & E - Ausgaben pro Jahr seit 1962 - 1968 approximativ exponentiell mit einer durchschnittlichen jährlichen Rate von ca. 18 %. Vergleicht man die relative Zunahme (1962 = 100) in der Eisen- und Stahlindustrie und in der Gesamtwirtschaft, so stellt man fest, daß die Eisen- und Stahlindustrie etwas hinter der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung zurückbleibt. Während der Index der F & E - Ausgaben der gesamten gewerblichen Wirtschaft (1962 - 100) im Jahre 1968 244,1 Punkte erreicht, stieg der Index der Eisen- und Stahlindustrie nur auf 210,0 Punkte (1962 = 100). Generell ist zu den Wachstumsraten des F & E - Aufwandes in der Gesamtwirtschaft und speziell in der Eisen- und Stahlindustrie kritisch zu bemerken, daß

a) ein Teil der hohen Wachstumsrate durch die Geldentwertungsrate erklärt werden kann und dadurch, daß sich der begriffliche Inhalt von F & E merklich geändert hat.[1] Forschung und Entwicklung dient heute - vor allem bei großen Unternehmen - zur "Imagepflege"

b) durch die stark ansteigende Nachfrage nach F & E - Personal die Gehälter erheblich gestiegen sind[2]. Dies gilt besonders für die Eisen- und Stahlindustrie, in der das Angebot an F & E - Personal gering ist, wodurch ein wesentlicher Teil der Steigerung erklärt werden kann.

---

1) E. Mansfield: The Economic of Technical Change a. a. O., Seite 54, FN 20

2) E. Manfield: The Economic of ... a. a. O. Seite 55

3. Die F & E - Aktivität der Eisen- und Stahlindustrie im Vergleich mit ausgewählten Industriezweigen.

Weiteren Aufschluß über die Annahme, die Eisen- und Stahlindustrie gehöre zu den weniger forschungsintensiven Industriezweigen, soll durch einen intersektoralen Vergleich erreicht werden. Im folgenden wird die F & E - Intensität dieses Industriezweiges mit fünf anderen Industriezweigen, die teilweise zu den sog. Wachstumsindustrien gehören, verglichen. Vergleichsjahr ist dabei das Jahr 1967. Als Kriterium für die Intensität wird

a) die F & E - Ausgaben pro Beschäftigten im Jahre 1967

b) die F & E - Ausgaben in Prozent vom Umsatz im Jahre 1967

verwendet.

Tab. 20

F & E - Aufwendungen pro Beschäftigten in ausgewählten Industriezweigen 1967

Wirtschaftszweig	Beschäftigung 1967	F & E - Ausgaben in Mio DM 2)	F & E Ausgaben / Beschäftigten 3)
1. Gesamtindustrie	2.858.653	4.874	1.690
11 Chemie	357.000	1.489	4.171
12 Elektrotechnik	479.949	1.216	2.534
13 Maschinenbau	296.476	474	1.597
14 Bergbau	217.124	41	191
15 Feder + Textilien	56.252	22	388
16 Eisenschaffende Industrie 1)	280.000	180	643

1) Die Eisenschaffende Industrie umfaßt die von uns erfaßten Unternehmen, die Angaben stammen aus einer Primärerhebung.

2) Die F & E - Ausgaben sind die Gesamtausgaben, d.h. sie enthalten auch die Ausgaben für Gemeinschaftsforschung und externe Forschung

3) Eigene Berechnung

Quelle: Wirtschaft u. Wissenschaft, Hrsg. Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft, Jg. 1969, Heft Nr. 5, Seite 22

Da die absoluten Aufwendungen bei einem intersektoralen Vergleich keine Aussage bezüglich der F & E - Intensität eines Industriezweiges ermöglichen, wurde in Tabelle 20 die F & E - Ausgaben pro Kopf der Beschäftigung als eine Kennzahl der F & E - Intensität ermittelt.

Weit an der Spitze liegt die Chemische Industrie mit 4.171 DM / Beschäftigten, gefolgt von der Elektrotechnischen Industrie mit 2.534 DM und dem Maschinenbau mit 2.534 DM pro Kopf der Gesamtbeschäftigung. Mit 643 DM / Beschäftigten liegen die Anstrengungen der Eisenschaffenden Industrie zwar erheblich über dem Bemühen des Bergbaus mit 191 DM/ Beschäftigten und der Feder- und Textilindustrie mit 388 DM / Beschäftigten, gemessen an den Anstrengungen der drei Wachstumtsindustrien Chemie, Elektrotechnik und Maschinenbau sind diese Anstrengungen aber relativ gering. Vergleicht man die F & E - Anstrengungen der Eisenschaffenden Industrie mit den F & E - Anstrengungen der Gesamtindustrie, so stellt man fest, daß in der Gesamtindustrie fast die dreifache Summe pro Kopf der Gesamtbeschäftigung für Forschung und Entwicklung ausgegeben wird als in der Eisenschaffenden Industrie.

Als weiteres Kriterium für die F & E - Intensität werden die F & E - Ausgaben in Prozent vom Umsatz[1] ermittelt.

---

1) Die Berechnung zum Brutto- oder Nettoinlandsprodukt wäre eine sinnvollere Kennzahl zur Messung des Sachverhalts, jedoch waren diese Daten in der gewünschten Form nicht erhältlich. Die Gliederung des statistischen Bundesamtes entspricht nicht der von uns vorgenommenen Aufteilung in Tabelle 20 und 21.

Tab. 21

F & E - Ausgaben in Prozent vom Umsatz für ausgewählte Industriezweige 1967

Wirtschaftszweige	F & E - Ausgaben in Mio DM	Umsatz in Mio DM	F & E - Ausgaben in % vom Umsatz
1. Gesamtindustrie	4.874	172.468	2,8
11 Chemie	1.489	42.800	5,2
12 Elektrotechnik	1.215	18.000	6,8
13 Maschinenbau	474	13.791	3,2
14 Bergbau	41	10.161	0,4
15 Feder + Textilien	22	2.319	0,9
16 Eisenschaffende Industrie 1)	180	19.400	0,9

1) Die Daten der Eisenschaffenden Industrie umfassen die 20 von uns in einer Primärerhebung erfaßten Unternehmen.

Quelle: Wirtschaft und Wissenschaft, Hrsg. Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft, Jg. 1969, Heft Nr. 5, Seite 22

Bei Interpretation der Ergebnisse in Tabelle 20 sind einige Hinweise zu beachten. Obwohl sich die F & E - Ausgaben eines Jahres sich in der Regel nicht in der Höhe der Umsätze des gleichen Jahres niederschlagen, (Time - Lag), können die F & E - Ausgaben, bezogen auf den Umsatz, als brauchbare Indikatoren für das Bemühen um den technischen Fortschritt angesehen werden. Das gilt sowohl für einzelne Unternehmen als auch für ganze Wirtschaftszweige, jedoch muß dabei beachtet werden, welchen Verlauf die Umsatzentwicklung und die Entwicklung der F & E - Aufwendungen nimmt. Beide Reihen müssen stetig verlaufen, weil anderenfalls die Prozentzahlen zu Fehlinterpretationen führen müssen.[1)]

1) Wirtschaft und Wissenschaft, a. a. O. Jg. 1969, Nr. 5, Seite 21

Diese Feststellung soll am Beispiel des Luftfahrzeugbaus verdeutlicht werden. Die in der Untersuchung des Stifterverbandes [1] einbezogenen Unternehmen der Branche erzielten 1965 einen Umsatz von 350 Mio DM und gaben 215 Mio DM, also ca. 61 % vom Umsatz, für Forschung und Entwicklung aus. Im Jahre 1967 erzielten die Unternehmen einen Umsatz von 865 Mio DM und gaben 220 Mio DM für Forschung und Entwicklung aus, also rund 25 % vom Umsatz. Es wäre jedoch verfehlt aus diesen beiden Zahlen generell auf ein Nachlassen der F & E - Anstrengungen zu schließen. Um derartige Zahlen richtig beurteilen und interpretieren zu können, sind exakte Kenntnisse über die Entwicklung der Branche bzw. der Unternehmen über längere Zeiträume notwendig.

Mit Sicherheit kann jedoch festgestellt werden, daß ein hoher Forschung- und Entwicklungskoeffizient den Schluß zuläßt, daß erhebliche Beträge zur Festigung bzw. Ausdehnung der Marktposition ausgegeben werden. [2]

Wie aus Tabelle 21 zu ersehen ist, gibt die Elektrotechnische Industrie rund 6,8 % ihres Umsatzes für Forschung und Entwicklung aus, die Chemische Industrie dagegen nur 5,2 %. Dieses Ergebnis steht im Widerspruch zu Tabelle 20, wo die Chemische Industrie mit 4.171 DM F&E - Aufwand/Beschäftigten eine weit höher F & E - Intensität aufwies, als die Elektrotechnische Industrie mit 2.534 DM F & E - Aufwand / Beschäftigten. Diese Differenz läßt sich insofern erklären - soweit sie nicht auf Fehlangaben zurückzuführen ist -, als die Chemische Industrie ein kapitalintensiverer Wirtschaftszweig ist, d. h. durch vermehrten Kapitaleinsatz kann ein erheblicher Teil an Arbeitskräften eingespart werden.

---

1) Wirtschaft und Wissenschaft, a. a. O. Jg. 1969, Nr. 5, Seite 21

2) Ebenda.

Die Eisenschaffende Industrie belegt zusammen mit der Feder- und Textilindustrie mit 0,9 % vom Umsatz den vierten Rang. Im Vergleich mit der Gesamtindustrie wendet die Eisenschaffende Industrie nur ein Drittel der Mittel für Forschung und Entwicklung auf, gegenüber der Chemischen und Elektrotechnischen Industrie sogar nur ca. ein Sechstel bzw. ein Siebtel. Trotz erheblicher Steigerungsraten der F & E - Aufwendungen in den letzten Jahren liegt die Eisenschaffende Industrie beträchtlich hinter dem gesamtwirtschaftlichen Durchschnitt zurück.

V. Die Erwartungen der Unternehmen in die F & E - Tätigkeit in der Eisen- und Stahlindustrie.

1. Analyse wichtiger Branchendaten 1962 - 1968.

Um die F & E - Aktivität und damit die Anstrengungen, die zukünftige technische Entwicklung aktiv mitzugestalten, richtig einschätzen und in den Rahmen der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung einordnen zu können, wird im folgenden ein kurzer Überblick über die Entwicklung wichtiger Branchendaten, die eine generelle Aussage über die technische Entwicklung in der westdeutschen Eisen- und Stahlindustrie ermöglichen, gegeben.

Tab. 22

Entwicklung wichtiger Branchendaten in der Eisen- und Stahlindustrie 1962 - 1968.

Jahr	Entwicklung			
	Rohstahl in Mio t	Umsatz in Mio DM	Beschäftigung in 1000	NPW in Mio DM
1962	24,4	12.726,8	305	6.549,0
1963	24,5	13.692,6	301	6.962,5
1964	29,6	16.385,1	304	7.663,3
1965	32,8	17.775,7	306	8.051,4

Fortsetzung von Tabelle 22 auf Seite 97

Fortsetzung von Tabelle 22 von Seite 96

Jahr	Entwicklung			
	Rohstahl in Mio t	Umsatz in Mio DM	Beschäftigung in 1000	NPW in Mio DM
1966	31,6	18.322,9	292	7.965,4
1967	34,5	19.375,9	285	8.101,5
1968	39,0	19.399,6	279	8.468,1

Eigene Berechnungen

Quelle: Stat. Jahrbücher der Eisen- und Stahlindustrie 1962 - 1969.

Im Zeitraum von 1962 hat sich die Rohstalproduktion in den befragten Unternehmen der Stahlindustrie von 24 Mio t / Jahr auf 39 Mio t / Jahr gesteigert. Der Umsatz stieg im gleichen Zeitraum von 12,7 Mrd. DM/Jahr auf 19,4 Mrd. DM/Jahr (vgl. Tab. 22). Die Steigerung der Rohstahlproduktion betrug gegenüber dem Jahr 1962 ca. 60 v. H., die Umsatzsteigerung 53 v. H. . Im gleichen Zeitraum wuchs die Lohnsumme von 4,3 Mrd. DM/Jahr auf 5,2 Mrd. DM/Jahr, wobei sich die Zahl der Beschäftigten von 305 Tausend auf 279 Tausend verringerte. Der Nettoproduktionswert erhöhte sich von 6,5 Mrd. DM/Jahr auf 8,5 Mrd. DM/Jahr. (131 %)

Diese Daten zeigen, daß die Eisen- und Stahlindustrie im untersuchten Zeitraum eine starke wirtschaftliche Aufwärtsentwicklung zu verzeichnen hatte, die sich im Jahre 1969 noch verstärkt fortsetzte. Das Produktionswachstum der Stahlindustrie betrug in dem von uns untersuchten Zeitraum von 1962- 1968 ca. 60 v. H. .

Wichtigste Voraussetzung im marktwirtschaftlichen System für eine Steigerung der Ausbringungsmenge um rund 60 % ist, daß die Nachfrage nach Stahl entsprechend zugenommen hat. Von der Produktionsseite her ist es jedoch in diesem Zusammenhang von Interesse zu wissen, welche

Bedeutung dem technischen Fortschritt in diesem Wachstumsprozeß zukommt. Es ist jedoch äußerst problematisch, einer einzelnen ökonomischen Größe eine bestimmte Wirkung zuzuschreiben, weil sehr viele Interdependenzen, die sich nicht quantitativ erfassen lassen, in einem ökonomischen System wirksam werden. Trotz diesen Einschränkungen wird versucht, die Bedeutung des technischen Fortschritts in etwa sichtbar zu machen. Zu diesem Zweck untersuchen wir die Entwicklung verschiedener Produktivitätsrelationen. Die Arbeitsproduktivität, gemessen in Ausbringung/Beschäftigten und Jahr stieg im genannten Zeitraum um 75 % (vgl. Tab. 23). Die Ausbringung pro Arbeitsstunde, wobei die Ausbringung in Tonnen Rohstahl gemessen wird, stieg um 52 %, d.h. im Jahre 1968 werden pro Arbeitsstunde 52 % mehr Rohstahl erzeugt als im Jahr 1962.

Tab. 23

Entwicklung der Arbeits- und Kapitalproduktivitäten in der Eisen- und Stahlindustrie von 1962 - 1968

Jahr	Produktivitätsindices (1962=100)			
	t/B [1]	t/AStd. [2]	K/B [3]	t/DM [4]
1962	100	100	100	100
1963	101	100	110	93
1964	122	115	112	108
1965	134	116	113	115
1966	135	120	126	107
1967	151	133	129	118
1968	175	152	132	132

1) Ausbringung/Beschäftigten - gemessen in Tonnen Rohstahl pro Jahr und Beschäftigten
2) Ausbringung/Arbeitsstunde - gemessen in Tonnen Rohstahl pro Arbeitsstunde
3) Kapital/Beschäftigten - gemessen in DM Anlagekapital pro Beschäftigten
4) Ausbringung/Anlagekapital DM - gemessen in Tonnen Rohstahl pro DM Anlagekapital

Eigene Berechnungen

Quelle: a) Geschäftsberichte der Unternehmen der Eisen- und Stahlindustrie.
b) Statistisches Jahrbuch der Eisen- und Stahlindustrie für 1967 - 1969

Die Steigerung der Arbeitsproduktivität läßt sich insgesamt jedoch nicht dem technischen Fortschritt zuschreiben. Die Arbeitsproduktivität kann auch ohne jeden technischen Fortschritt steigen, wenn Beschäftigte durch Anlagen ersetzt werden, deren Technologie seit längerem bekannt ist. Durch Organisationsmaßnahmen lassen sich ebenfalls erhebliche Produktivitätssteigerungen erzielen, z. B. durch eine bessere Prozeßsteuerung, die jedoch nicht dem technischen Fortschritt zuzurechnen sind.

Aus diesem Grunde wird die Arbeitsproduktivität um die Anteile des zusätzlichen Kapitals bereinigt. Im Untersuchungszeitraum stieg der Index Kapital/Beschäftigten von 100 Punkten im Jahre 1962 auf 132 Punkte im Jahr 1968, d. h. 1968 werden 32 % mehr Kapital pro Beschäftigten eingesetzt als im Jahre 1962. Diese Veränderung ergibt sich daraus, daß das Anlagevermögen der untersuchten Unternehmen von rund 12 Mrd. DM auf 14,5 Mrd. DM gestiegen und die Gesamtbeschäftigung von 305 auf 279 Tausend zurückgegangen ist. Daraus kann geschlossen werden, daß ein wesentlicher Teil der Steigerung der Arbeitsproduktivität auf erhöhten Kapitaleinsatz zurückzuführen ist.

Eine bessere Aussagekraft als die Arbeitsproduktivität hinsichtlich des Technischen Fortschritts hat die Relation Ausbringungsmenge/DM Anlagekapital. Eine Steigerung der Ausbringungsmenge pro DM Anlagekapital bedeutet, daß die Kapitalproduktivität zugenommen hat. Die Kapitalproduktivität läßt sich ceteris paribus [1] auf 2-fache Weise ändern bzw. erhöhen:

a) durch einen höheren Kapazitätsauslastungsgrad

b) durch produktivere Anlagen.

---

[1] Die ceteris-paribus-Klausel bezieht vor allem auf der Arbeits- und Organisationsmethoden; bessere Arbeitsmethoden erhöhen ebenfalls die Kapitalproduktivität.

Im Fall (a) liegt keinerlei technische Veränderung vor, d.h. der technische Fortschritt hat keinen Einfluß auf die Steigerung der Kapitalproduktivität gehabt.

Im Fall (b) läßt sich eine Produktivitätssteigerung mit technisch verbesserten Aggregaten, die auf der Basis verbesserter oder neuer Techniken arbeiten, realisieren. Unter der Voraussetzung, daß der Kapazitätsauslastungsgrad im Zeitablauf konstant bleibt und der Faktor Arbeit keinerlei Veränderungen erfährt, sowohl quantitativ als auch qualitativ, läßt sich eine Steigerung der Kapitalproduktivität nur durch bessere Anlagen erreichen. In diesem Spezialfall ist die Steigerung direkt dem Technischen Fortschritt zurechenbar.

Im Zeitraum 1962 - 1968 stieg die Ausbringung / DM Anlagekapital in der westdeutschen Stahlindustrie um 32 Punkte; die Kapitalproduktivität erhöhte sich um 32 v.H. (Vgl. Tab. 23) Bei schwach rückläufiger Beschäftigung ist diese Steigerung dem wirtschaftlichen Fortschritt zuzurechnen aufgrund der Tatsache, daß sich der "Ausnutzungsgrad der höchstmöglichen Erzeugung" nur unwesentlich änderte.[1)]

Wirtschaftlicher Fortschritt setzt sich im wesentlichen aus zwei Komponenten zusammen, nämlich aus technischen Neuerungen und organisatorischen Neuerungen (effizientere Arbeitsmethoden). Inwieweit diese Steigerung nun auf die beiden Komponenten verteilt werden kann, ist nur sehr schwer zu sagen. Folgende Faktoren sprechen jedoch dafür, daß die höhere Produktivität zu einem sehr großen Teil auf den technischen Fortschritt zurückzuführen ist:

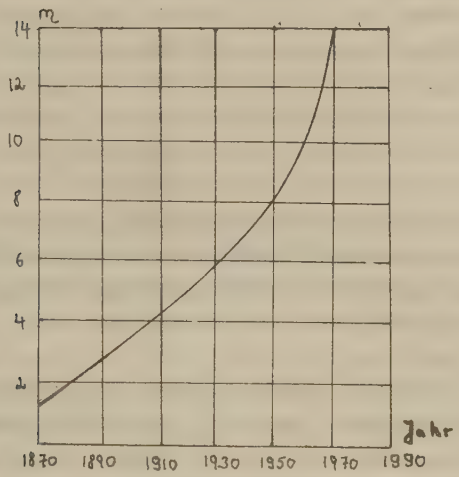
a) größere Hochöfen, d.h. der Gestelldurchmesser hat erheblich zugenommen (Vgl. Abb. 12)
b) neue Stahlerzeugungsverfahren (Sauerstoffblasverfahren und Sichtbögenverfahren)
c) Vervollkommenung des kontinuierlichen Gießens (Strangguß)
d) kontinuierliches Walzen

---

1) Statistisches Jahrbuch der Eisen- und Stahlindustrie für 1969, Seite 91
Ausnutzungsgrad: 1962 = 85,6
1968 = 86,0

Abb. 12

Die Entwicklung der Gestelldurchmesser



Kann diese Produktivitätssteigerung den unternehmenseigenen F & E - Anstrengungen zugerechnet werden, oder war der technische Fortschritt externer Art, d.h. wurden technische Neuerungen mittels verbesserter oder neuer Investitionsgüter von anderen Industriezweigen gekauft?

Um dieses Problem etwas mehr aufzuhellen, wird im folgenden untersucht, welche wesentlichen neuen Produktionsverfahren in den letzten Jahren zum Einsatz kamen und ob diese überhaupt in der Stahlindustrie und wenn, dann in der deutschen Stahlindustrie und dort wieder in den einzelnen Werken, die sie anwenden, entwickelt wurden.

Im Prinzip hat sich an der Erzreduktion bis heute kaum etwas geändert. Der technische Fortschritt in der Roheisenerstellung geht auf die Vervollkommenung lang bekannter und angewandter Verfahren zurück. Der wesentlichste Teil der Produktionssteigerung geht auf die gestiegene Ofengröße zurück. Führend auf diesem Gebiet sind die Japaner, Russen und Amerikaner. In Japan wurden schon Öfen mit 14 m Gestelldurchmesser gebaut.

Zur Zeit werden jedoch schon Verfahren zur Direktreduktion im halbbetrieblichen Maßstab erprobt. Am bekanntesten sind das schwedische Wiberg- und das japanische HYL-Verfahren.

Die spektakulärsten Neuerungen auf dem Gebiet der Stahlerzeugung fanden in den fünfziger Jahren statt. Alle bekannten und grundlegenden Sauerstoffblasverfahren, die z.Zeit verwendet werden, wurden im Ausland erprobt und entwickelt. Das erste Verfahren (L D - Verfahren = Linz-Donewitz-Verfahren) wurde in Österreich entwickelt und 1949 zum erstenmal bei der VÖEST-AG in Linz angewendet; in Deutschland wurde es 1950 zum erstenmal vom Bochumer-Verein angewendet. Das LD'AC-Verfahren wurde in den fünfziger Jahren in Belgien und Luxemburg und parallel dazu das OLP-Verfahren von der französischen IRSID entwickelt. Ein Verfahren wurde in Oberhausen entwickelt, der sog. Rotor-Prozeß, das sich jedoch nicht durchgesetzt hat.

Die grundlegenden Verfahren wurden in den sechziger Jahren von der deutschen Stahlindustrie übernommen. Die F & E - Arbeiten in diesem Bereich erstrecken sich im wesentlichen nur auf Verbesserungen bereits bekannter Verfahren. So entwickelte und verwendet heute die Maximilianshütte GmbH das OBM-Verfahren (Oxygenbodenblasmetallurgie), bei dem der Sauerstoff im Gegensatz zu den LD-Verfahren von unten eingeblasen wird. Im Bereich des Vakuum-Gießens haben zwei deutsche Unternehmen Ende der fünfziger Jahre Pionierleistungen erbracht, und zwar der Bochumer-Verein und die DHHU. Das heute in der Welt gebräuchlichste Verfahren ist das Bochumer Verfahren.

Die kontinuierlichen Walzstraßen sind amerikanische Erfindungen. Sie werden mit US-Lizenzen gebaut oder nachgeahmt, soweit sie nicht durch Patente geschützt sind. Erfinder waren die Anlagenhersteller, die auch die neue Planeten-Bandwalzstrabe entwickelt haben. Das Schwergewicht der neueren F & E - Arbeiten liegt auf den Problemen der kontinuierlichen Stahlerzeugung. Der rationelle und ökonomisch sinnvolle Einsatz kontinuierlicher Stranggub- und Walzanlagen erfordert eine kontinuierliche Rohstahlerzeugung. Die Voraussetzungen sind durch die Sauerstoffblasverfahren dafür geschaffen worden.

Zur Zeit gibt es einige Verfahren, die teilweise schon im halbbetrieblichen Maßstab erprobt wurden, zur Lösung dieses Problems[1]:

a) Sprühfrischverfahren der BISRA (British Iron and Stell Research Association)
b) IRSID - Verfahren (Institut des Recherches de la Sidérurgie Francaise)
c) Elektromagnetische Gegenstromrinne von Prof. Schenk, TH Aachen.

Den in absehbarer Zukunft größten Rationalisierungseffekt bringt die vollautomatische Steuerung der Walzstraßen mit Hilfe elektronischer Anlagen für die Eisen- und Stahlindustrie. Diese technische Entwicklung ist nur möglich, weil die Computertechnik einen solchen Stand erreicht, der für die gesamte wirtschaftliche Entwicklung zu Hoffnungen Anlaß gibt. Dieser technische Fortschritt ist jedoch für die Eisen- und Stahlindustrie externer Art; er wird mittels Investitionen erworben.

Zusammenfassend läßt sich folgendes zu diesem Problemkreis festhalten:

a) die grundlegend neuen Verfahren, die heute zur Stahlherstellung verwendet werden, sind ausländische Erfindungen
b) auf dem Hochofensektor dominieren Japaner, Russen und Amerikaner; auch die ersten praktikablen Direktreduktionsverfahren stammen aus diesen Ländern
c) auf dem Walzstraßensektor sind die amerikanischen Hersteller führend. Die Anlagen können zum großen Teil nur in Lizenz gebaut werden oder imitiert werden, soweit sie nicht durch Patente geschützt sind.
d) die neuesten Verfahren auf dem Gebiet der kontinuierlichen Stahlerzeugung kommen von Forschungsinstituten

---

1) U. Kalla, H.W. Kreutzer, H. Ottmar und H.D. Pantke: Entwicklungsrichtungen der Stahlerzeugung, in: Stahl und Eisen, Nr. 21, 1970 Seite 1147, hier Seite 1149f

e) die größten wirtschaftlichen und technischen Neuerungen für die Stahlindustrie in der ganzen Welt bringt die Anwendung elektronischer Steuerungsanlagen im Produktionsprozeß; dies ist ein Verdienst der Computerindustrie.

Weiteren Aufschluß über das Problem, ob der technische Fortschritt in der Stahlindustrie externer oder interner Art ist, kann anhand der Lizenzbilanzen der größten deutschen Stahlkonzerne analysiert werden.

> "Die Forschungspolitik der ..... wird in diesem Zusammenhang durch ihre Lizenzbilanz charakterisiert: Während in den Jahren 1956 bis 1966 das Verhältnis der Lizenzeinnahmen zu den Lizenzausgaben 4 : 5 war, weisen die beiden letzten Jahre einen zunehmend negativen Trend auf. Das Verhältnis Einnahmen zu Ausgaben liegt heute bei etwa 1 : 2. Im wesentlichen ist diese Entwicklung zurückzuführen auf unser starkes Engagement auf den zukunftsträchtigen Gebieten der Vakuummetallurgie und des Feingusses. Wir haben hier durch den Kauf von US - Lizenzen sowie den Abschluß von Beratungsverträgen unser Wissen über die Vakuumeinschmelzung und die Weiterverarbeitung auf den letzten Stand gebracht und treiben nun auf dieser Grundlage weiter Entwicklungen." 1)

Auf Grund der vorliegenden Tatbestände kann geschlossen werden, daß im untersuchten Zeitraum der technische Fortschritt in der Eisen- und Stahlindustrie im wesentlichen externer Art war, was sich teilweise durch die Wiederaufbauphase, in der organisierte Forschung noch wenig betrieben wurde, erklären läßt. Einen weiteren Anhaltspunkt zur Erklärung dieses Tatbestandes erhält man beim Studium der F & E - Berichte der jährlichen Geschäftsberichte, in denen Passagen folgenden Inhalts die Regel sind:

> Unsere F & E - Arbeit konzentriert sich im wesentlichen auf praxisnahe Probleme und befaßte sich mit der Verbesserung bereits bestehender Verfahren und Produkte."

---

1) Dr. Connert: a. a. O. Seite 24; Der Tatbestand, daß die Lizenzbilanz negativ ist, wurde von mehreren Interviewten bestätigt.

2. Der Erfolg der F & E - Anstrengungen in den befragten Unternehmen.

Das Messen der Erträge aus Forschung und Entwicklung ist eine ebenso schwierige wie wichtige Aufgabe. Praktikable und theoretisch einwandfreie Entscheidungskriterien sind für den Bereich von Forschung und Entwicklung z.Z. noch nicht vorhanden, weil in diesem Bereich soviele Imponderabilien zu berücksichtigen sind, die quantitativ nur sehr schwierig zu erfassen sind.

Einleitend zu diesem Problemkreis wurde die Frage nach der Zufriedenheit der Unternehmensleitung und des F & E - Management mit den in den F & E - Abteilungen erzielten Ergebnissen gestellt. Über die Problematik einer solchen Fragestellung sind wir uns bewußt, da wohl niemand ohne zwingende Notwendigkeit das Versagen seiner eigenen Abteilung und seines Unternehmens auf einem bestimmten Gebiet zugeben wird. Auf die Frage:

> "In welchem Umfang erreichen Forschung und Entwicklung ihre wesentlichen Ziele"

wurde von allen Befragten eine positive Antwort gegeben. Der Grad der Zufriedenheit reichte von "einigermaßen zufrieden" über "zufrieden" bis "sehr zufrieden" und variierte unabhängig von der Unternehmensgrößenklasse. Eine Tendenz, daß der Grad der Zufriedenheit von der Unternehmensgröße und der Höhe des jährlichen F & E - Aufwandes abhängt, konnte nicht nachgewiesen werden. Die gegebenen Antworten sind stark subjektiv geprägt und werden im wesentlichen auch von der Psyche des einzelnen Interviewten beeinflußt sein.

Dasselbe Ergebnis wurde auf die Frage

> "In welchem Umfang trägt die F & E - Abteilung zur Erreichung von Unternehmenszielen bei"

erzielt, obwohl hier der Erfolg etwas zurückhaltender beurteilt wurde.

Sinn beider Fragen ist es, den Eindruck der Unternehmen über den Erfolg ihrer eigenen F & E - Arbeit zu geben, wobei wir uns der Problematik

und des Aussagewertes bewußt sind. In Tabelle 24 und 25 sind die Ergebnisse quantitativ dargestellt.

Tab. 24

Der Erfolg der F & E - Abteilungen in den befragten Unternehmen.

Wertskala[1)]	Ergebnisse	
	absolut	relativ
: 1 :	-	-
: 2 :	-	-
: 3 :	2	10 %
: 4 :	12	60 %
: 5 :	6	30 %
Summe	20	100 %

Tab. 25

Der Beitrag der F & E - Abteilung zur Erreichung von Unternehmenszielen

Wertskala[1)]	Ergebnisse	
	absolut	relativ
: 1 :	-	-
: 2 :	-	-
: 3 :	2	10 %
: 4 :	12	60 %
: 4-5 :	3	15 %
: 4 :	3	15 %
Summe	20	100 %

Zu Tab. 24 und 25

1) Die Fragen wurden mit Hilfe einer Fünf-Punkte-Skala beantwortet, wobei die Skala folgende Wertabstufungen enthält:

: 1 : sehr unzufrieden

: 2 : unzufrieden

: 3 : weder unzufrieden noch zufrieden ("unsicher" oder "unentschieden" in der betreffenden Lage)

: 4 : zufrieden

: 5 : sehr zufrieden.

Quelle: Auswertung der Interviews.

Einen besseren Einblick in den Erfolg der F & E - Abteilungen gibt die erwartete Amortisationsdauer der F & E - Investitionen in den einzelnen Unternehmen, obwohl die erwartete "Pay-off-Period" ein sehr großes Maß zur Messung dieses Zusammenhanges ist. [1)]

Trotz der speziellen Natur der Investitionen in Forschung und Entwicklung, die durch größere Unsicherheit, Langfristigkeit und komplizierte Zurechnungsprobleme gekennzeichnet ist, und eine Wirtschaftlichkeitsrechnung im üblichen Sinne unmöglich macht, bestehen in der Praxis ziemlich konkrete Vorstellungen über die Amortisationsdauer.

Tab. 26

Frage: "Wie schnell erwarten Sie die Amortisation Ihrer F & E Ausgaben?"

Amortisationsdauer	Ergebnisse	
	absolut	relativ
in 2 - 3 Jahren	6	30 %
in 3 - 5 Jahren	13	65 %
in 6 und mehr Jahren	1	5 %
	20	100 %

Quelle: Auswertung der Interviews.

1) E. Mansfield: The Economic of Technical Change, a.a.O. S. 65

Erstaunlich an diesem Ergebnis ist, daß die erwartete Amortisationsdauer und die damit in Zusammenhang stehenden Einnahmen aus F & E - Investitionen wesentlich besser ausfallen als die Einnahmen, die bei Sachinvestitionen erwartet werden. [1)]

Eng mit der Frage nach der Amortisationsdauer hängt die Frage nach der erwarteten Rentabilität wichtiger laufender F & E - Projekte zusammen, wobei unter Rentabilität die zukünftige jährliche Verzinsung des in das F & E - Projekt investierten Kapitals verstanden wird. Frage: "Wie hoch schätzen Sie die Rentabilität wichtiger laufender F & E - Projekte?" Die Ergebnisse variieren zwischen 10 bis über 50 %. Drei Unternehmen schätzen die Rentabilität über 50 % ein. Zwei Unternehmen (10 %) gaben Werte von 40 - 50 %, zwei weitere von 30 - 40 %, weitere drei von 20 - 40 % an; sieben Unternehmen schätzen die Rentabilität zwischen 20 - 30 % ein, die restlichen drei schätzen 10 - 20 % (Vgl. Tab. 26)

Tab. 27

Schätzung der Rentabilität wichtiger, laufender F & E - Projekte

Rentabilität	Ergebnisse	
	absolut	relativ
10 - 20 %	3	15 %
20 - 30 %	7	35 %
20 - 40 %	3	15 %
30 - 40 %	2	10 %
40 - 50 %	2	10 %
50 %	3	15 %
Summe	20	100 %

Quelle: Eigene Erhebung und Auswertung

1) E. Mansfield: The Economic of Technical Change, a. a. O. Seite 65 "More recently, there is evidence that firms in many industries have become somewhat less optimistic concerning the prospective returns from additional research and development."

Eine Tendenz, daß größere Unternehmen eine höhere Rentabilität schätzten als kleinere kann aufgrund der gegebenen Antworten nicht festgestellt werden. Bemerkenswert jedoch ist, daß

a) die erwartete Rentabilität relativ hoch angesetzt wird[1)]
b) drei relativ kleine Unternehmen eine Rentabilität von 50 % angaben.

---

1) Analog zu der Frage nach der Amortisationsdauer.

3. Kapitel: Analytische Untersuchung der F & E - Aktivität in bezug auf die Unternehmensgröße in der Eisen- und Stahlindustrie.

I Ziele und Methoden

1. Ziele der analytischen Untersuchung

Der analytische Teil der Arbeit versucht eine Antwort auf folgende 2 Fragen zu finden:

a) Läßt sich in der westdeutschen Eisen- und Stahlindustrie die Hypothese verifizieren, daß mit zunehmender Unternehmensgröße die Forschungsintensität steigt, d.h. läßt sich vom Standpunkt von Forschung und Entwicklung unter Außerachtlassen aller sonstiger Faktoren eine zunehmende Konzentration dieses Industriezweiges rechtfertigen?

b) Wie hoch ist die Rentabilität (Rate of Return) der F & E - Ausgaben in den befragten Unternehmen? Lassen sich gravierende Unterschiede im Rahmen des zugrundeliegenden Modells zwischen großen und kleineren Unternehmen feststellen? Unterstützen die in Fragestellung (a) gefundenen Ergebnisse die Resultate der Fragestellung (b)?

Fragestellung (a) beinhaltet aus ökonometrischer Sicht die Suche nach einer funktionalen Beziehung zwischen Forschungs- und Entwicklungsintensität und Unternehmensgröße. Kann ökonometrisch der Unternehmensgröße ein wesentlicher Einfluß auf die F & E - Intensität nachgewiesen werden? Die erste Aufgabe in dieser Fragestellung ist also das Suchen nach einem Funktionstyp oder Funktionstypen, die dem Sachverhalt gerecht werden. Die zweite Aufgabe besteht darin, falls Teil (1) der Fragestellung zufriedenstellend gelöst werden kann, die Funktion zu analysieren, d.h. kann aufgrund der Funktion den größeren Unternehmen eine höhere Forschungsintensität nachgewiesen werden als den kleineren Unternehmen.

Die Fragestellung (b) sucht eine Antwort auf die Frage nach der Effizienz der Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen zu finden. Läßt sich die Hypothese beweisen, daß hohe Forschungs- und Entwicklungsausgaben bzw. eine höhere F & E - Intensität zu einer höheren Rentabilität der F & E - Ausgaben führt? Die Antwort auf dieses Problem soll mit Hilfe eines dazu von Mansfield entwickelten ökonometrischen Modells gefunden werden.

2. Hypothesenauswahl

Als Hypothesen zur Beantwortung der Fragestellung (a), werden einmal solche herangezogen, die bereits in den USA bei empirischen Untersuchungen ähnlicher Art verwendet werden, zum anderen solche Hypothesen, die aufgrund von Plausibilitätsüberlegungen den Sachverhalt beschreiben und genügend genau erfassen könnten.Von allen Funktionstypen wird dann der optimale Funktionstyp ausgesucht und auf seine Brauchbarkeit hin untersucht.

Zur Überprüfung der Fragestellung (b) wird ein von Mansfield entwickeltes Modell getestet, das in bezug auf die Fragestellung etwas modifiziert wurde, um genauere Aussagen zu ermöglichen. Die Diskussion der modellbedingten Implikationen und Restriktionen erfolgt bei der Darstellung des Modells.

3) Auswahl- und Beurteilungskriterien[1)]

Zur Auswahl der "optimalen" Funktionen werden als Kriterien vor allem die einfachen bzw. multiplen Korrelationskoeffizienten, die um die Zahl der Freiheitsgrade bereinigt wurden, und die ebenfalls um die Zahl der Freiheitsgrade bereinigten Standardabweichungen herangezogen.

---

1) Die Auswahl- und Beurteilungskriterien wurden von J. Goßmann übernommen. J. Goßmann: Bestimmungsfaktoren des Konsums und der Investitionen in den Ländern der europäischen Gemeinschaften - eine ökonometrische Untersuchung, Diss. Saarbrücken 1965, Seite 46.

Zur Beurteilung der Güte der "optimalen" Funktionen dienen:

(1) die Signifikanz der Korrelationskoeffizienten [1]

(2) die Variationskoeffizienten

(3) die Signifikanz der Parameterschätzungen

(4) der Grad der Autokorrelation der Residuen

(5) der Grad der Kollinearität der erklärenden Variablen

(6) die Plausibilität der Parameterschätzungen.

Die Signifikanz der einfachen Korrelationskoeffizienten wird durch die Prüfgröße [2]

$$t = \frac{\hat{R}\sqrt{T-2}}{\sqrt{1-\hat{R}^2}}$$

mittels der t-Verteilung, die der multiplen Korrelationskoeffizienten anhand der Prüfgröße [3]

$$F = \frac{\hat{R}^2 (T-n-1)}{n (1-\hat{R}^2)}$$

mittels der F-Verteilung (gegen die Nullhypothese) bestimmt, wobei R der geschätzte Korrelationskoeffizient, T die Anzahl der Beobachtungen und n die Anzahl der exogen Variablen bedeuten.

Die Standardabweichung einer Funktion ($\hat{\sigma}_M$) ist ein absolutes Maß für die Approximationsgüte einer Regression. Um den Erklärungsgehalt einer Funktion jedoch abschätzen zu können, ist es zweckmäßig, die Standardabweichungen zu relativieren, d.h. man setzt sie z.B. zum Mittelwert der endogenen Variablen in Beziehung und bestimmt dadurch den Variationskoeffizienten,

$$VA = \frac{\hat{\sigma}_M}{\bar{Y}}$$

um so eine Vorstellung darüber zu gewinnen, wie hoch der relative durchschnittliche Fehler der Regression ist.

---

1) J. Gobmann, Seite 46, FN 1; die Bedeutung und die Aussagefähigkeit der Signifikanz bei ökonometrischen Untersuchungen

2) G. Menges: Ökonometrie, Wiesbaden 1961, Seite 202 f

3) G. Menges, a.a. O. Seite 204

Die Signifikanz der Parameterschätzung wird anhand der Prüfgröße[1]

$$t = \frac{\hat{a}_1 - \bar{a}_1}{\hat{\sigma}\,\hat{a}_1}$$

mittels der t-Verteilung gegen die Nullhypothese bestimmt, wobei a_1 der geschätzte Wert des Parameters, $\bar{a}_1$ der hypothetische oder plausible Wert des Parameters und der Standardfehler der Schätzung ist.

Als Maß der Autokorrelation der Restwerte (u_t) wird der Durbin-Watson-Koeffizient[2]

$$DW = \frac{\sum_{t=2}^{n} (u_t - u_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^{n} u_t^2}$$

bestimmt. Der Durbin-Watson-Koeffizient wird normalerweise bei einer Zeitreihenanalyse angewendet. Bei einer Querschnittsanalyse hat der Koeffizient nur Sinn, wenn die Werte der unabhängigen Variablen nach der Größe geordnet sind. Bei der vorliegenden Untersuchung lag eine solche Ordnung vor.

Eine Prüfung der Kollinearität der erklärenden Variablen wird lediglich mit Hilfe der einfachen Korrelationskoeffizienten $R\,(X_i \cdot X)$ durchgeführt.

4. Schätzmethoden

Zur Schätzung einzelner Strukturgleichungen (single equation approach) bietet sich die Methode der Kleinsten Quadrate und die Maximum- Likelihood Methode an. Die Methode der Kleinsten Quadrate besteht darin, "daß diejenigen Werte als Schätzung gesucht werden, für die die Summe der Quadrate der Residuen u_t möglichst klein wird".[3]

---

1) G. Menges, Seite 201 f

2) H. Gollnick: Einführung in die Ökonometrie, Stuttgart 1968, Seite 67

3) G. Menges, Ökonometrie a. a. O. S. 90

Die Maximum-Likelihood-Methode besteht im Prinzip darin, "daß solche Schätzungen für die unbekannten Parameter gesucht werden sollen, die den beobachteten Werten der Variablen die größte Wahrscheinlichkeit zukommen lassen würden, wenn sie die wahren Parameter wären"[1]. Die beiden häufigsten Formen der Maximum-Likelihood-Methode sind die "Full-Information" und die Limeted-Information-Maximum-Likelihood-Methode". Während die erstere Methode alle Informationen bzw. Restriktionen bezüglich sämtlicher Variablen des Systems berücksichtigt, verzichtet die zweite auf einen Teil der a priori Informationen[2].

In der folgenden Untersuchung wurde ausschließlich die Methode der Kleinsten Quadrate verwendet. Sie ist ein besonders einfaches und in vielen Fällen wirksames Instrument der Parameterschätzung. Die Methode der Kleinsten Quadrate ist erwartungstreu, konsistent und effizient unter folgenden Bedingungen[3]:

1. "Die nicht meßbare latente Variable (u_t), die die Wirkungen aller nicht explizit in der Funktions berücksichtigten Faktoren enthält, hat den Charakter einer Zufallsvariablen.

2. Die latente Variable (u_t) hat für jedes t den Erwartungswert Null

$$E(u_t) = 0$$

3. Im Zeitablauf ist die Streuung der u_t konstant, was besagt, daß die Einflußgrößen, die sich in der Zufallsvariablen niederschlagen, in Zahl, relativer Bedeutung und absolutem Einfluß im Zeitablauf unverändert sind.

4. Das Zufallsglied ist normal verteilt.

5. Die sukzessiven Werte der Zufallsvariablen u_t sind unabhängig voneinander, d.h. die Zeitreihe der sukzessiven Abweichungen ist nicht autokorreliert.

6. Die Zufallsvariable u_t ist stochastisch unabhängig von den vorherbestimmten - den erklärenden - Variablen.

---

1) J. Goßmann: a. a. O. Seite 22

2) ebenda

3) J. Goßmann, a. a. O. Seite 6 f; die Bedingungen 1 - 6 sind aus Goßmann entnommen.

Die Methode der Kleinsten Quadrate gilt unter sehr allgemeinen Bedingungen und benötigt keine spezifischen Bedingungen über die Verteilung der Zufallsvariablen. Im Gegensatz zu der Maximum-Likelihood-Methode, bei der die Voraussetzung der Normalverteilung der Zufallsvariablen Ausgangspunkt der Schätzungen ist, bedarf die Methode der Kleinsten Quadrate dieser Voraussetzung nicht.[1] Die Methode der Kleinsten Quadrate geht von keinem besonderen Verteilungsgesetz der Zufallsvariablen aus; die Voraussetzung der Normalverteilung spielt bei Bestimmung der Parameter keine Rolle.[2] [3]

> "Ist die Voraussetzung (3) nicht erfüllt, so sind die Schätzungen zwar erwartungstreu und konsistent, aber nicht effizient. Kommen unter den endogenen Variablen auch verzögerte endogene Variablen zum Tragen, also wenn Bedingung (5) verletzt wird, dann sind die vorherbestimmten Variablen stochastisch nicht unabhängig von den u_t, und infolgedessen sind die Schätzungen verzerrt". [4]

Die Hauptangriffspunkte gegen die Methode der Kleinsten Quadrate, sie berücksichtige Modellzusammenhänge und Interdependenzen nicht, ist für die vorliegende Untersuchung nicht von Bedeutung. Für die Methode der Kleinsten Quadrate als alleinige Methode waren praktische Überlegungen ausschlaggebend; für diese Methode spricht auch, daß ihre Unterlegenheit anderen Methoden gegenüber bei kleineren Stichproben durchaus in Frage steht.[5] [6]

Wie bereits oben dargelegt ist die Normalverteilung nicht Voraussetzung dafür, daß die Methode der Kleinsten Quadrate erwartungstreu, konsistent und effizient ist. Für die Berechnung der nachfolgenden Signifikanzen wird jedoch Normalverteilung der Residuen unterstellt. Mit Hilfe des χ^2 - Test wurde die Stichprobe auf Normalverteilung getestet, es zeigte sich aber, daß die Größe der Stichprobe für den Test nicht ausreichte. Es ist jedoch in den Wirtschaftswissenschaften üblich, die Signifikanzen so auszurechnen, als ob Normalverteilung gegeben sei. Rechtfertigen läßt sich dieses Vorgehen mit den Central Limit Theorem.

---

1) L. R. Klein: Einführung in die Ökonometrie, Düsseldorf 1969, Seite 37

2) J. Goßmann, a. a. O. Seite 21

3) "Um aber mit einer Funktion, die die Forderung der Methode der Kleinsten Quadrate erfüllt, ... die Genauigkeit von Schätzungen beurteilen zu können, bedarf es distinktiver Voraussetzungen über die Verteilungsgesetze der Zufallsvariablen". G. Menges: Zur stochastischen Grundlegung der Ökonometrie, in Zeitschrift für die Gesamte Staatswissenschaft, 115 (1959), Seite 620 f.

4) A. Goßmann, a. a. O. Seite 21

5) J. Goßmann, a. a. O. Seite 23 ff

6) Die Berechnungen wurden auf der elektronischen Anlage X_1 des Lehrstuhls für Angewandte Mathematik der Universität des Saarlandes mit einem von W. Gothier für den Lehrstuhl für Europäische Statistik erstellten Programm durchgeführt.

II. F & E - Aktivität und Unternehmensgröße

1. Quantifizierung der Funktionstypen

Nach einer generellen Analyse der F & E - Aktivität in der westdeutschen Eisen- und Stahlindustrie und der Skizzierung der wesentlichen Faktoren, die aufgrund gegebener technologischer und ökonomischer Bedingungen die F & E - Aktivität mitbeeinflussen[1], soll im folgenden mit Hilfe statistisch-ökonometrischer Verfahren die Bedeutung und der Einfluß der Unternehmensgröße für die F & E - Aktivität, die in der theoretischen Diskussion stark umstritten sind[2], in diesem Industriezweig analysiert werden.

Ziel dieser Untersuchung ist es, mit Hilfe der Regressions- und Korrelationstechnik die Art und die Stärke des Zusammenhangs zwischen Unternehmensgröße und F & E - Aktivität für die Eisen- und Stahlindustrie nachzuweisen und aufgrund der gewonnenen Ergebnisse Schlußfolgerungen auf den Beitrag zum Technischen Fortschritt in den einzelnen Unternehmensgrößenklassen zu ziehen. Im ersten Teil werden die Zusammenhänge zwischen der Höhe der absoluten F & E - Ausgaben und der Unternehmensgröße und im zweiten Teil, die Zusammenhänge zwischen F & E - Intensität und Unternehmensgröße analysiert.

In der Eisen- und Stahlindustrie sind aufgrund der spezifischen technologischen Eigenschaften relativ große Betriebseinheiten erforderlich, so daß alle in die Untersuchung einbezogenen Unternehmen unter den statistischen Begriff der Großunternehmung fallen, denn keines der untersuchten Unternehmen beschäftigt weniger als 2.500 Personen. Dennoch variiert die Unternehmensgröße, gemessen in Beschäftigten, beträchtlich; sie schwankt zwischen 80.000 und 2.500 Beschäftigten; am Umsatz gemessen variiert die Unternehmensgröße zwischen 300 Mio und 6 Mrd. DM. Alle befragten Unternehmen unterhalten unternehmenseigene F & E - Abteilungen.

---

1) Vgl. G. Schätzle a. a. O. Seite 143 ff

2) Vgl. Kap. 1, Abschnitt II, 2.

Ausgangspunkt der Analyse ist die lineare Beziehung

$$(1) \quad Y_i = a + b X_i$$

Symbolerklärung:

Y_i = F & E – Ausgaben in DM / Jahr des i-ten Unternehmens im Bezugsjahr.

X_i = Unternehmensgrößenvariable des i-ten Unternehmens im Bezugsjahr.

a = Konstante

b = Parameter

Die F & E – Aktivität Y_i der einzelnen Unternehmer wird gemessen durch:

a) F & E – Ausgaben in DM pro Jahr

b) die durchschnittliche jährliche F & E – Beschäftigung [1]

Zur Messung der Unternehmensgrößenvariable X_i bieten sich drei Meßeinheiten an:

a) Rohstahlproduktion pro Jahr

b) die durchschnittliche jährliche Gesamtbeschäftigung

c) Umsätze pro Jahr

Die Rohstahlproduktion als Unternehmensgrößenvariable hat den Nachteil, daß die reinen Edelstahlunternehmen bei einer relativ geringen Rohstahlproduktion eine kleine Unternehmensgröße hatten, was zu einer Verzerrung der Zusammenhänge führen würde. Wählt man die Beschäftigung als Unternehmensgrößenvariable, so werden die größten Unternehmen wegen ihrer in der Regel höheren Kapitalintensität bevorteilt. Genommen sind auch die Umsätze der Konzerne als Unternehmensgrößenvariable

---

[1] Die Beziehung zwischen durchschnittlicher jährlicher Beschäftigung in der F & E – Abteilungen und der durchschnittlicher jährlicher Gesamtbeschäftigung konnte nur für das Jahr 1966 geschätzt werden, weil für die F & E – Beschäftigung nur für das Jahr 1966 numerische Werte zur Verfügung standen.

wenig geeignet, den Tatbestand exakt zu erfassen, weil durch die unterschiedlich starke Diversifikation die Unternehmen auf verschiedenen Märkten operieren, und damit die Umsätze speziell für den eisenschaffenden Bereich nicht erfaßt werden können. Für die vorliegende Untersuchung standen jedoch die Umsätze, die sich nur auf den Erzeugungsbereich der eisenschaffenden Industrie beziehen, zur Verfügung[1], so daß uns die Umsätze als die geeigneteste Kennzahl zur Erfassung der Unternehmensgröße erscheint.

A priori sprechen einige Gründe dafür, daß zwischen Unternehmensgröße und F & E - Ausgaben Linearität existiert, d.h. daß die F & E - Ausgaben proportional mit der Unternehmensgröße wachsen. Gestützt wird diese Hypothese dadurch, daß in vergleichbaren amerikanischen Untersuchungen in sehr vielen Fällen die Nullhypothese unter der Annahme, daß die F & E - Ausgaben proportional mit der Unternehmensgröße steigen, nicht zurückgewiesen werden konnte.

Ob die zu untersuchende Fragestellung tatsächlich durch eine lineare Beziehung für die westdeutsche Stahlindustrie approximiert werden kann, wird durch die Funktion

$$(2)\quad y = a + bx + cx^2 + dx^3 + ex^4$$

überprüft werden.

Von größerem Interesse ist in diesem Zusammenhang die Frage, welche Beziehungen zwischen Unternehmensgröße und der F & E - Intensität bestehen, wobei unter F & E - Intensität der Quotient aus der Meßzahl für die Höhe der F & E - Aktivität und der Unternehmensgrößenvariable verstanden wird (Y_i / X_i). Hamberg[2] definiert die F & E - Intensität als "die relative Höhe der F & E - Aufwendungen in Großunternehmen, d.h. die F & E - Aufwendungen werden ins Verhältnis zur Unternehmensgröße gesetzt."

---

1) Statistisches Jahrbuch der Eisen- und Stahlindustrie 1962 - 68

2) D. Hamberg: Size of Firm, Oligopoly, and Research, The Evidence, Can. J.E. Bd. 30, 1964, S. 71

"Untersucht man die Korrelation zwischen Forschungsintensität und Unternehmensgröße, und erweist sich diese als positiv, so kann mit einiger Sicherheit angenommen werden, daß eine stärkere Konzentration in den oberen Unternehmensgrößenklassen auch die F & E - Intensität stimulieren wird." [1]

Als erstes wird eine von Worley[2] postulierte Beziehung getestet; er stellte folgende exponentielle Beziehungen zwischen F & E - Intensität und Unternehmensgröße auf:

$$(2) \quad Y_i = A X_i^b$$

oder logarithmisch transformiert

$$(2) \quad \log Y_i = \log A + b \log X_i$$

Symbolerklärung:

Y_i = F & E - Ausgaben in DM/Jahr des i-ten Unternehmens im Jahr t

X_i = Unternehmensgrößenvariable des i-ten Unternehmens im Jahr t

A = Konstante

b = Elastizität der Unternehmensgröße in bezug auf die F & E - Ausgaben[3]

Die Elastizität gibt an, wie sich der F & E - Aufwand prozentual verändert, wenn sich die Unternehmensgröße marginal ändert. In der Funktion $Y = AX^b$ ist b die Elastizität. [4]

---

1) D. Hamberg, Seite 71

2) J. Worley: Industrial Research and New Competition, in: JPE, April 1961

3) Die Elastizität ist allgemein wie oben definiert

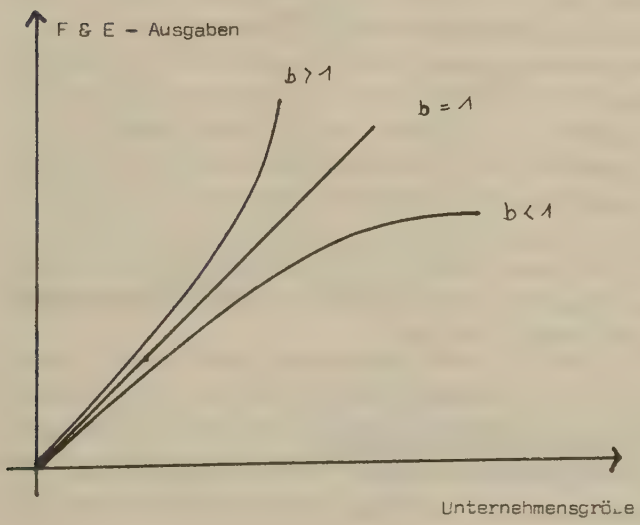
4) "Der Elastizitätskoeffizient beantwortet die Frage: wie grob ist die relative Änderung einer ökonomischen Größe Y, wenn sich eine andere ökonomische Größe X relativ um einen bestimmten Betrag ändert. Mathematisch exakt ist nur die marginale Betrachtungsweise." Sauermann: Einführung in die VWL, Bd. 2, Wiesbaden 1964, Seite 52.

Nimmt b Werte 1 an, so bedeutet dies, daß die F & E - Ausgaben überproportional mit wachsender Unternehmensgröße steigen, d.h. die Forschungsintensität nimmt mit wachsender Unternehmensgröße zu. Werte von b < 1 bedeuten, daß die F & E - Intensität mit steigender Unternehmensgröße abnimmt, was jedoch nicht ausschließt, daß die F & E - Ausgaben absolut steigen. Nimmt b den Wert 1 an, so besagt dies, daß die F & E - Ausgaben eine lineare Funktion der Unternehmensgröße sind; die F & E - Elastizität ist konstant und unabhängig von der Unternehmensgröße.

Graphisch sieht dieser Zusammenhang wie folgt aus:

Abb. 13

Die F & E - Elastizität b



Die Beziehung

$$Yi = AX_i^{\,b}$$

zeigt nur ob insgesamt betrachtet die F & E - Intensität eine bestimmte Richtung annimmt, sie zeigt jedoch nicht, ob gewisse Schwankungen im Funktionsverlauf aufgrund der gegebenen Daten auftreten.

Um diesen Möglichkeiten Rechnung tragen zu können und damit die Beziehungen zwischen F & E - Intensität und Unternehmensgröße exakter und detaillierter analysieren zu können, wurden noch zwei weitere Regressionsfunktionen getestet.

$$(3)\quad Yi = a + bX_i + CX_i^{\,2} +$$

$$(4)\quad Yi = a + bXi + cxi^{2} + dxi^{3}$$

Die quadratischen und kubischen Glieder in den Regressionsfunktionen sollen eventuell existierende Extrem- und Wendepunkte sichtbar machen.

Die Untersuchung wird so durchgeführt, daß die Zusammenhänge zwischen F & E - Verhalten und Unternehmensgröße für die Jahre 1968, 1966, 1964 und 1962 untersucht werden. Durch einen Vergleich der erzielten Ergebnisse bzw. der "besten" Funktionen für die einzelnen Jahre sollen Veränderungen im F & E - Bereich sichtbar gemacht werden. Die Schätzungen werden aus den oben dargelegten Gründen mit dem Umsatz als Unternehmensgrößenvariable durchgerechnet.

Die um die Freiheitsgrade bereinigten Korrelationskoeffizienten und Standardabweichungen der Residuen dienen als Entscheidungskriterium zur Auswahl der "besten" Funktion[1].

2. F & E - Ausgaben und Unternehmensgröße

Vergleicht man die Höhe der absoluten F & E - Ausgaben und die Unternehmensgröße der von uns befragten Unternehmen der Eisen- und

---

[1] Vgl. Kapitel 3, Abschnitt I,

Stahlindustrie miteinander, so stellt man auf den ersten Blick fest, daß sich die F & E - Mittel in der oberen Unternehmensgrößenklasse konzentrieren. Es liegt nahe zu vermuten, daß die Höhe der F & E - Ausgaben eine positive Funktion der Unternehmensgröße ist. Welcher Art dieser Zusammenhang ist, soll im folgenden untersucht werden.

Um eine Vorstellung über die Größenordnung der in der Eisen- und Stahlindustrie in den einzelnen Unternehmensgrößenklassen aufgewendeten F & E - Mittel zu vermitteln, wurden in Tabelle 28 die absoluten und relativen F & E - Aufwendungen in den einzelnen Unternehmensgrößenklassen berechnet.

Tab. 28

Aufteilung der F & E - Ausgaben nach Unternehmensgrößenklassen 1968

Unternehmensgrößenklasse	F & E - Ausgaben		
	absolut in Mio DM	relativ	
über 4 Mio t	92,5	56,1 %	56,1 %
2 - 4 Mio t	26,0	15,8 %	71,9 %
1 - 2 Mio t	22,8	17,5 %	89,4 %
bis 1 Mio t	17,2	10,6 %	100,0 %
Summe	164,5	100,0 %	

Quelle: Eigene Erhebung und Auswertung

Die oberste Unternehmensgrößenklasse wendet mit 92,5 Mio DM rund 56 % der gesamten F & E - Aufwendungen der untersuchten Unternehmen auf, was auf den ersten Blick auf ein starkes Übergewicht der größten Unternehmen in bezug auf die F & E - Anstrengungen hindeutet.

Zu Beginn der Analyse wird die lineare Regressionsfunktion

$$Y_i = a + bx_i$$

zur quantitativen Erfassung des Problems angesetzt und untersucht, inwieweit der Sachverhalt durch diese Hypothese approtimiert werden kann.

Die Zahl der Beobachtungen beträgt 20, wird jedoch durch die Tatsache, daß fünf Unternehmen mit anderen Unternehmen konzernmäßig verflochten sind und als wirtschaftliche Einheit betrachtet werden müssen auf 15 Beobachtungen reduziert; die Daten der Tochtergesellschaften sind in den Daten der Muttergesellschaften enthalten. Die Y_i wurden durch die jährlichen F & E - Ausgaben und die X_i durch die jährlichen Umsätze der einzelnen Unternehmen gemessen.

Für das Jahr 1968 wurden folgende Parameterwerte [1] geschätzt:

$$(1) \quad Y = 0{,}00033034 + 0{,}007418\ X \pm 0{,}002289$$
$$(\pm\ 0{,}00079666 \quad (\pm\ 0{,}0003871$$

In absolute Werte transformiert ergibt sich:

$$(1') \quad Y = 330.340 + 0{,}0074 \times \pm 2.289000$$

Die statistische Qualität der geschätzten Funktion kann als gut beurteilt werden. Der Korrelationskoeffizient erzielt einen Wert von $R = 0{,}98$. Bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 0,1 % liegt der mit der Testgröße

$$t = \frac{\hat{R}\sqrt{T-2}}{\sqrt{1-\hat{R}^2}}$$

errechnete Wert von 17,65 bei einem zulässigen Grenzwert von 4,138 [2]

---

1) A. Linder: Statistische Methoden für Naturwissenschaftler, Mediziner und Ingenieure, Basel 1960, Seite 465.

erheblich über der 0,1 %-Schwelle; das Ergebnis ist statistisch signifikant. Das Bestimmtheitsmaß

$$B = R^2$$

errechnet sich mit 0,96 und besagt, daß 96 % der Veränderungen der endogenen Variablen auf Veränderungen der exogenen Variablen zurückzuführen sind, die restlichen 4 % sind sonstigen Einflüßen zuzuschreiben.[1)]

Der Durbin-Watson-Koeffizient deutet bei DW = 2,50, bei einem oberen Grenzwert von 1,54[2)] auf Unabhängigkeit der Residuen hin, d.h. die Hypothese der Unabhängigkeit der Residuen muß nicht verworfen werden[3)]. Der Variationskoeffizient[4)] errechnet sich mit 21,66 % und erscheint recht hoch. Der Regressionskoeffizient b ist unter der Annahme, daß keinerlei Zusammenhänge zwischen der Höhe der F & E - Ausgaben und der Unternehmensgröße bestehen auf dem 0,1 % - Signifikanzniveau gesichert. Nicht signifikant dagegen ist das absolute Glied a.

Theoretisch betrachtet bereitet ein absolutes Glied in der geschätzten Funktion Schwierigkeiten für eine sinnvolle ökonomische Interpretation. Weder ein positives noch ein negatives absolutes Glied lassen sich ökonomisch sinnvoll interpretieren. Im Extremfall ist kaum anzunehmen, daß ein Unternehmen mit einem Umsatz von Null DM irgendwelche Beträge für Forschung und Entwicklung ausgibt. Ein

---

1) L. Sachs: Statistische Auswertungsmethoden, 2. Aufl. Berlin-Heidelberg, New-York 1962, S. 382

2) 3) H. Gollnik: Einführung in die Ökonometrie, Stuttgart 1968 Seite 314 und Seite 68

4) Vgl. Kap. 3, I 3; Auswahl- und Beurteilungskriterien

negatives absolutes Glied läßt sich ebenfalls nicht sinnvoll interpretieren. Desweiteren muß berücksichtigt werden, daß eine Extrapolation der Ergebnisse über den Bereich hinaus, für den sie geschätzt wurden, nicht ohne Probleme ist.

Als Ergebnis läßt sich festhalten, daß dem absoluten Glied keine allzu große ökonomische Bedeutung zugemessen werden kann, weil sein Wert einmal aufgrund der angesetzten Funktion, der angewandten Schätzmethode und der vorliegenden Beobachtungswerte technisch bedingt ist und zum anderen der errechnte Wert für das absolute Glied nicht signifikant ist, d. h. die vorliegenden Beobachtungen reichen nicht aus, um schließen zu können, daß die Funktion ihren Anfang nicht im Ursprung hat.

Die lineare Funktion wurde daraufhin ohne ein absolutes Glied für 1968 neu geschätzt. Folgende Werte wurden geschätzt:

$$(1\,a) \qquad Y = 0{,}00752\ X \pm 0{,}002304$$

In absoluten Werten:

$$(1\,a') \qquad Y = 0{,}0075\ X \pm 2.304.000$$

Der Korrelationskoeffizient errechnet sich mit R = 0,98 und änderte sich gegenüber dem Ansatz mit absolutem Glied nicht. Der Durbin - Watson - Koeffizient veränderte sich geringfügig von 2,50 auf 2,49, ebenso der Variationskoeffizient von 21,66 % auf 21,80 %. Der Regressionskoeffizient stieg geringfügig von 0,74 % vom Umsatz auf 0,75 % vom Umsatz; sein Signifikanzwert verbesserte sich dagegen merklich von 19,0 auf 25,9.

Abb. 14

F & E - Ausgaben und Unternehmensgröße 1968

Die F & E - Ausgaben steigen proportional mit der Unternehmensgröße.

Die Steigerung der Funktion

$$\frac{dY}{dX} = 0{,}0075$$

ist konstant und impliziert, daß die Unternehmen der Eisen- und Stahlindustrie im Jahre 1968 0,75 % vom Umsatz für Forschung und Entwicklung ausgegeben haben.

Für das Jahr 1966 wurde die gleiche Funktion, zunächst also mit absolutem Glied, mit Hilfe der Daten von 1966 geschätzt. Es ergaben sich folgende Werte:

$$(2)\quad Y = 0{,}0005628 + 0{,}0068929\ X \pm 0{,}0036318$$
$$(\pm\ 0{,}0013276) \quad (\pm\ 0{,}0008195)$$

In absoluten Werten:

$$(2')\quad Y = 562800 + 0{,}0069\ X \pm 3.631.800$$

Der Korrelationskoeffizient errechnete sich mit R = 0,906. Er ist mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 0,1 % gesichert. Für die Schärfe des Zusammenhangs zwischen beiden Beobachtungsreihen ergibt sich ein Wert von R^2 = 82,1, d.h. 82,1 % der Veränderungen der endogenen Variablen können auf Veränderungen der exogenen Variablen zurückgeführt werden. Der Durbin-Watson-Koeffizient deutet mit einem Wert von DW = 2,63 nicht auf Autokorrelation der Residuen hin.

Der Variationskoeffizient VA = 42,89 % ist sehr hoch, so daß der Erklärungsgehalt der Funktion eingeschränkt wird. Der Regressionskoeffizient b ist wieder unter der Annahme, daß der wahre Wert von b = o ist, auf dem 0,1 % - Niveau statistisch signifikant. Der Parameter a ist nicht signifikant.

Aufgrund der Tatsache, daß der Parameter a nicht signifikant von Null verschieden ist, wurde die Funktion ohne absolutes Glied für das Jahr 1966 neuberechnet. Folgende Werte wurden geschätzt.

$$(2\,a) \quad Y = \underset{(\pm\ 0{,}00058287)}{0{,}0071388\ X} \pm 0{,}0036568$$

In absoluten Werten:

$$(2\,a') \quad Y = 0{,}0071\ X \pm 3.656.800$$

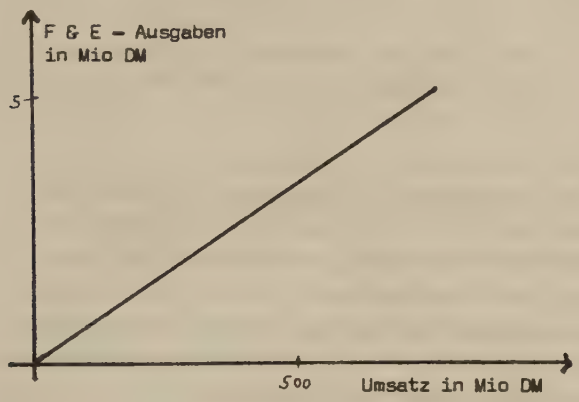
Gegenüber der Schätzung mit absolutem Glied änderte sich der Korrelationskoeffizient nur sehr geringfügig von R = 0,906 auf R = 0,905. Der Durbin-Watson-Koeffizient erhöhte sich um sieben Punkte von DW = 2,63 auf DW = 2,70, was bei den gegebenen Beobachtungswerten nicht auf Autokorrelation der Residuen hinweist. Der Variationskoeffizient erhöhte sich geringfügig von 42,89 % auf 43,19 %.

Der Regressionskoeffizient b erhöhte sich von 0,0069 auf 0,0071 und sein Signifikanzwert von 8,4 auf 12,3; die Differenz ist jedoch statistisch nicht signifikant.

Im Jahre 1966 entwickelten sich die F & E - Ausgaben in Abhängigkeit von der Unternehmensgröße wie folgt:

Abb. 15

F & E - Ausgaben und Unternehmensgröße 1966



Eine Unternehmensgrößendifferenz von 100 Mio DM Umsatz hatte aufgrund der geschätzten Funktion 1966 eine Differenz von 7,1 Mio DM im F & E - Budget zur Folge. Die F & E - Ausgaben wachsen absolut für variierende Unternehmensgrößen, die Zuwachsrate ist jedoch konstant.

Für das Jahr 1964 wurde zunächst wieder die Funktion mit absolutem Glied geschätzt.

$$(3) \quad Y = -0{,}00052520 + 0{,}006469\ X \pm 0{,}0020899$$
$$(\pm\ 0{,}00079361)\ (\pm\ 0{,}00059736)$$

$$(3') \quad Y = -525200 + 0{,}0065\ X \pm 2.089.900$$

Für den Korrelationskoeffizienten wurde ein Wert von R = 0,937 errechnet. Er ist auf dem 0,1 % Niveau statistisch signifikant. Die Durbin-Watson-Koeffizient läßt bei von 1,67 noch nicht auf Abhängigkeit der Residuen schließen [1]. Der Variationskoeffizient liegt auch im Jahre 1964 mit 35,16 % ziemlich hoch.

Der Regressionskoeffizient b ist wieder unter der Annahme, der wahre Wert von b sei Null, auf dem 0,1 Niveau statistisch signifikant. Nicht signifikant dagegen ist wieder die Schätzung für den Parameter a. Die Schätzung der linearen Regression ohne absolutes Glied brachte dann folgende Werte:

$$(3\,a) \quad Y = 0{,}00617\,x \pm 0{,}0021223 \quad (\pm\, 0{,}00039938)$$

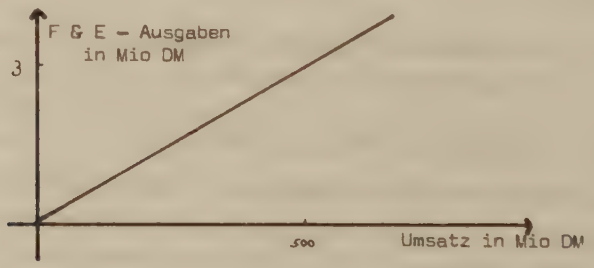
$$(3a') \quad Y = 0{,}0062\,X \pm 2.122.300$$

Gegenüber der Schätzung mit absolutem Glied ging der Korrelationskoeffizient geringfügig von R = 0,937 auf R = 0,935 zurück. Der Durbin-Watson-Koeffizient verringerte von 1,67 auf 1,51, liegt jedoch noch über der kritischen Obergrenze, die sich für 16 Beobachtungen und einer erklärenden Variablen bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % mit 1,37 berechnet.[2] Der Variationskoeffizient erhöhte sich geringfügig von 35,16 % auf 35,70 %.

Der Regressionskoeffizient ging von 0,0065 auf 0,0062 zurück, sein Signifikanzwert erhöhte sich jedoch von 10,8 auf 15,5, die Differenz ist jedoch nicht signifikant.

Abb. 16

F & E - Ausgaben und Unternehmensgröbe 1964



1) 2) Vgl. H. Gollnick, a. a. O. Seite 314

Im Jahre 1964 gaben die Unternehmen rund 0,62 % ihres Umsatzes für Forschung und Entwicklung aus. Die Zuwachsrate ist konstant und unabhängig von der Unternehmensgröße.

Für das Jahr 1962 wurden mit der Funktion $Y = a + b\,x$ folgende Parametwerte geschätzt:

$$(4) \quad Y = 0{,}00020638 + 0{,}004857\ X \pm 0{,}0019476$$
$$(\pm\ 0{,}00069491) \quad (\pm\ 0{,}00053966)$$

$$(4') \quad Y = 206.380 + 0{,}0049\ X \pm 1.947.600$$

Auch für 1962 erscheint die Qualität der Funktion recht gut. Der Korrelationskoeffizient wurde mit R = 0,912 und der Durbin-Watson-Koeffizient mit 1,96 errechnet. Der Korrelationskoeffizient ist auf dem 0,1 % - Niveau signifikant, und der Durbin-Watson-Koeffizient deutet mit 1,96 nicht auf Autokorrelation der Residuen hin. Eingeschränkt wird der Erklärungsgehalt der Funktion wieder durch einen hohen Wert des Variationskoeffizient VA = 44,72 % .

Der Regressionskoeffizient b ist wieder unter der Annahme, der "wahre" Wert von b sei Null, auf dem 0,1 % - Niveau signifikant. Die Schätzung für das absolute Glied a ist dagegen wiederum nicht signifikant.

Aufgrund der Nicht - Signifikanz von a wurde die Funktion ohne absolutes Glied neu geschätzt

$$(4\ a) \quad Y = 0{,}0049714\ X + 0{,}0019537$$

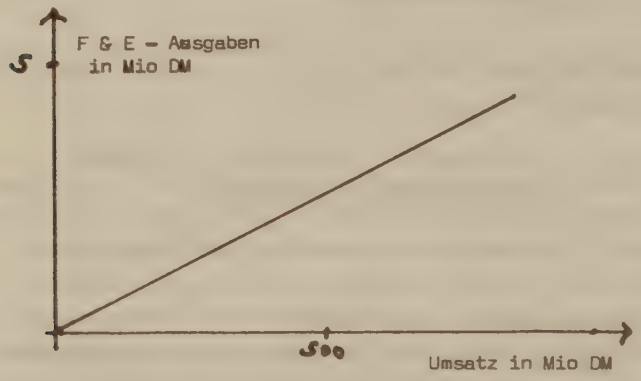
In absoluten Werten

$$(4\ a') \quad Y = 0{,}005\ X \pm 1.953.700$$

Gegenüber der vorhergehenden Schätzung änderte sich der Korrelationskoeffizient nicht. Der Durbin-Watson-Koeffizient verringerte sich geringfügig und für den Aussagewert der Funktion unwesentlich von 1,96 auf 1,93. Der Variationskoeffizient stieg von 41,72 % auf 41,84 %. Der Regressionskoeffizient b stieg von 0,00485 auf 0,005 und seine Signifikanzwert von 8,0 auf 13,15; die Differenz der beiden b-Werte ist jedoch nicht siguifikant.

Abb. 17

F & E - Ausgaben und Unternehmensgröße 1962



Auch im Jahr 1962 steigen die F & E - Ausgaben mit zunehmender Unternehmensgröße. Die Zuwachsrate

$$\frac{dY}{dX} = 0{,}005$$

ist konstant und macht 0,5 % des jährlichen Umsatzes aus.

Die Linearitätshypothese erscheint durchaus brauchbar zur Analyse des Zusammenhangs zwischen Unternehmensgröße und F & E - Ausgaben in der westdeutschen Stahlindustrie. Im folgenden wurden die Ergebnisse dieser Schätzungen zusammenfassend dargestellt und kritisch erörtert.

Die Funktion

$$Y = a + b\,X$$

erzielte folgende Werte:

Tab. 28

Zusammenfassung der Testkriterien der Funktion

$Y = a + b X$ von 1962 - 1968

Jahr	Parameter		Testkriterien			
	a	b	R	B	DW	VA
1968	330340	0,0074	0,98	96,0 %	2,50	21,66
1966	560280	0,0069	0,906	82,1 %	2,63	42,89
1964	525200	0,0065	0,937	88,3 %	1,66	35,16
1962	206380	0,0049	0,912	83,1 %	1,96	41,72

Quelle: Auswertung der Primärerhebung.

Wie bereits früher dargestellt wurde läßt sich weder ein positives noch ein negatives absolutes Glied ökonomisch sinnvoll interpretieren. Zudem lassen die starken Schwankungen die Schätzungen für a in den einzelnen Jahren problematisch erscheinen; außerdem sind alle für a geschätzten Werte statistisch insignifikant.[1] Aufgrund dieses Sachverhaltes erschien es sinnvoll, die Linearhypothese ohne absolutes Glied zu schätzen und die Auswirkungen auf die Testkriterien und vor allem auf den Regressionskoeffizienten b zu untersuchen.[2]

Mit der Funktion

$$Y = b X$$

wurden folgende Ergebnisse geschätzt:

---

1) 2) Vgl. Kap. 3 II 2

Tab. 29

Zusammenfassung der Testkriterien der Funktion Y = b X von 1962 - 1968

Jahr	Parameter	Testkriterien			
	b	R	B	DW	VA
1968	0,0075	0,98	96,0	2,49	21,80
1966	0,0071	0,906	82,0	2,70	42,19
1964	0,0062	0,935	87,4	1,51	35,71
1962	0,0050	0,91	83,1	1,93	41,84

Quelle: Auswertung der Primärerhebung

Beim Vergleich der Testkriterien beider Funktionen zeigt sich, daß durch eine Unterdrückung des absoluten Gliedes die Testkriterien sich kaum verändern. Die Korrelationskoeffizienten ändern sich nur sehr geringfügig nach unten und somit auch die Bestimmtheitsmaße B. Ebenso schwächen sich die Durbin - Watson - Koeffizienten und die Variationskoeffizienten geringfügig ab. Die Tabelle macht jedoch den Einfluß des absoluten Gliedes deutlich. Ist der Wert des absoluten Gliedes positiv, so erhöht sich b, wenn das absolute Glied eliminiert wird. Ist der Wert dagegen negativ, so verringert sich b bei der Eliminierung von a (vgl. die Werte für 1964). Aus dieser Tatsache läßt sich schließen, daß durch die Unterdrückung der a-Werte die Werte des Regressionskoeffizienten genauer geschätzt werden, was auch durch die erhöhte Signifikanz der b - Werte zum Ausdruck kommt.[1]

Im Zeitraum 1962 - 1968 stieg die F & E - Intensität von 0,5 % vom Umsatz auf 0,75 % vom Umsatz im Jahre 1968. Innerhalb von sieben Jahren machte das eine Steigerung von 1/4 % des Umsatzes aus. Wenn man dabei noch berücksichtigt, daß innerhalb dieser Periode der Umsatz um rund 50 % in der Stahlindustrie gestiegen ist, so liegen die absoluten Aufwendungen für Forschung und Entwicklung des Jahres 1968 erheblich über den Aufwendungen des Jahres 1962. Inwieweit die Steigerung der F & E - Intensität von 0,25 % innerhalb von sieben Jahren

[1] Vgl. Kap. 3, II, 2

eine reelle Steigerung bedeutet, läßt sich nicht abschätzen. Es ist jedoch denkbar, daß durch eine Veränderung des Inhalts des Begriffes "Forschung und Entwicklung" innerhalb der genannten Periode eine Kostenumklassifikation stattgefunden hat, die zu dieser Erhöhung beigetragen hat. Gestützt wird diese Hypothese durch die Tatsache, daß der Begriff "Forschung und Entwicklung in der Industrie "en mode" ist.

3. F & E - Intensität und Unternehmensgröße in der Eisen- und Stahlindustrie

Nach der Hypothese von Schumpeter und Galbraith [1] u. a. sind allein Großunternehmen in der Lage, effizient Forschung und Entwicklung zu betreiben. Je größer das Unternehmen, desto größer sind seine Anstrengungen auf dem Gebiet der Forschung und Entwicklung und desto größer wird letztlich sein Beitrag zum Technischen Fortschritt sein. Der Grad der Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen muß in der Höhe der F & E - Intensität zum Ausdruck kommen.
Nach obiger Hypothese müßte sich die F & E - Intensität in signifikanter Weise in den einzelnen Unternehmensgrößen unterscheiden. Ziel dieses Teils der Untersuchung ist es nachzuprüfen, ob und inwieweit die Schumpeter'sche Hypothese für das F & E - Verhalten der Eisen- und Stahlindustrie zutreffend ist.

Inwieweit die Schumpeter'sche Hypothese sich aufrecht erhalten läßt, wird zunächst durch die Hypothese

$$Y = A\ X^{b}$$

getestet. Die Brauchbarkeit dieser Hypothese wird im nächsten Kapitel zusammen mit der einfachen Linearhypothese durch die Funktion

$$Y = a + b\,X + c\,X^{2} + d\,X^{3} + e\,X^{4}$$

überprüft. Falls sich Anzeichen für eine mit der Unternehmensgröße steigende F & E - Intensität ergeben sollten, wäre es denkbar, daß

---

[1] Vgl. Kapitel 1, II: Stand der Diskussionen ...

Schwankungen im Funktionsverlauf auftreten, die dann durch Glieder höherer Ordnung zum Ausdruck kommen müßten. Die Ergebnisse der Schätzungen der Funktion $Y = AX^b$ werden unter der Bedingung auf Signifikanz getestet, daß der "wahre" Zusammenhang zwischen Unternehmensgröße und F & E - Intensität konstant ist, d. h. daß der Funktionsverlauf linear ist.

Um einen Einblick in die Größenordnung der F & E - Intensität in der Eisen- und Stahlindustrie zu gewinnen, wurde in nachfolgender Tabelle die F & E - Intensität für einige Unternehmensgruppen errechnet, wobei die F & E - Intensität durch das Verhältnis zwischen F & E - Ausgaben und Umsatz ausgedrückt wird.

Tab. 30

F & E - Intensität in der Eisen- und Stahlindustrie 1962 - 1968

Unternehmen	F & E - Ausgaben in Prozent v. Umsatz [1]			
	1962	1964	1966	1968
3 größten ...	0,6	0,7	0,7	0,8
6 größten ...	0,6	0,7	0,75	0,85
8 größten ...	0,55	0,65	0,75	0,8
15 größten ...	0,5	0,6	0,65	0,75

Quelle: Auswertung der Primärerhebung

Im Durchschnitt werden im Jahre 1968 in der Eisen- und Stahlindustrie ca. 0,8 % vom Umsatz für interne, unternehmenseigene Forschung und Entwicklung ausgegeben. Aufschlußreich in diesem Zusammenhang ist die Berechnung der F & E - Intensität für die einzelnen Unternehmensgrößenklassen, weil dadurch schon gewisse Tendenzen sichtbar gemacht werden können.

1) Die F & E - Ausgaben enthalten nur interne, unternehmenseigene Beträge.

Tab. 31

F & E - Intensität in den einzelnen Unternehmensgrößenklassen 1962 - 1968

Unternehmens-größenklassen	F & E - Intensität [1]			
	1962	1964	1966	1968
1. Klasse	0,6	0,7	0,7	0,8
2. Klasse	0,6	0,7	0,8	0,85
3. Klasse	0,4	0,5	0,7	0,8
4. Klasse	0,4	0,4	0,5	0,6

Quelle: Auswertung der Primärerhebung

Insgesamt gesehen stieg das Niveau der F & E - Intensität in allen Unternehmensgrößenklassen im Zeitraum von 1962 - 1968 um 0,2 % vom Umsatz. Die Unterschiede zwischen großen und kleinen Unternehmen sind nicht stark ausgeprägt. Ob dieser Unterschied ausreichend ist, vor allem für die Jahre 1966 und 1968, ein statistisch signifikantes Ergebnis zu erzielen, dürfte unwahrscheinlich sein, weil zur kleinsten Unternehmensgrößenklasse nur zwei Unternehmen gehören, also das Gewicht dieser Klasse bei Berechnung der Regressionsfunktion nicht allzu schwer ist.

Die Funktion wird für die Jahre 1962, 1964, 1966 und 1968 geschätzt, wodurch Veränderungen im F & E- Verhalten der Unternehmen sichtbar gemacht werden können. Der Untersuchung liegen wieder 20 Beobachtungswerte pro Jahr zugrunde, die sich aber auf 15 Werte reduzieren, wenn als Untersuchungseinheit die wirtschaftliche Selbständigkeit gewählt wird, d. h. fünf Gesellschaften sind Töchter und ihre Angaben erscheinen in den Daten der Muttergesellschaften.

[1] F & E - Intensität = F & E - Ausgaben / Umsatz, wobei sich der Umsatz auf den Erzeugnisbereich der Eisenschaffenden Industrie bezieht.

Für das Jahr 1968 wurden folgende Werte für die Funktion

$$\log Y_i = \log A + b \log X_i$$

geschätzt, wobei die Yi wieder durch die F & E - Ausgaben in DM pro Jahr und die Xi durch die Umsätze der Unternehmen im Jahr 1968 gemessen wurden:

$$(1)\quad \log Y = -2.4763 + 1{,}115 \log X \pm 0{,}2007$$
$$(\pm\ 0.4372)\quad (\pm\ 0{,}147$$

Entlogarithmiert ergibt die Schätzung

$$(1')\quad Y = 10^{-2{,}4763} \times^{1{,}115} = 0{,}0029 \times^{1{,}115}$$

Der Korrelationskoeffizient errechnete sich mit R = 0,888 und der Durbin - Watson - Koeffizient mit DW = 1,90. In diesem Bereich deutet der Durbin - Watson - Koeffizient nicht auf Autokorrelation der Residuen hin. Der Korrelationskoeffizient ist auf dem 0,1 % - Niveau signifikant. Rund 71 % der Veränderungen der endogen Variablen lassen sich durch Veränderungen der exogen Variablen erklären, 29 % sind nicht erfaßbar sonstigen Einflußgrößen zuzurechnen (B = 71,21). Der Variationskoeffizient VA wurde mit 24,45 berechnet.

Tab. 32

Berechnung der Funktion $\log Y = -2.4763 + 1{,}11 \log X$, oder $Y = 0{,}0029 \times^{1{,}11}$ für das Jahr 1960

X (Umsatz in Mio DM)	Berechnung der Variablen 1) 2)			
	log X	b. log X	log Y	Y (in Mio DM)
500	2.6990	3.0498	0,4385	3,8
1.000	3.0000	3.3900	0,8287	6,74
1.500	3.1761	3.5890	1.0277	10,6
2.000	3.3010	3.7301	1.1688	14,7
2.500	3.3979	3.8396	1.2783	19,0
3.000	3.4771	3.9291	1.3678	23,3
3.500	3.5441	4.0048	1.4435	27,7

Fortsetzung von Tabelle 32 von Seite 137

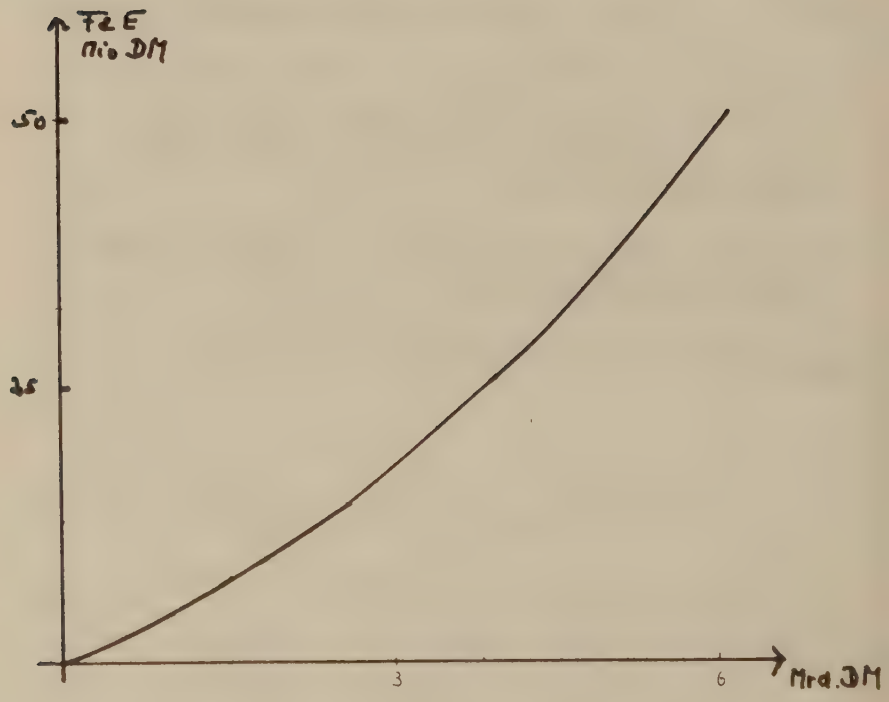
X (Umsatz in Mio DM)	Berechnung der Variablen 1) 2)			
	log X	b. log X	log Y	Y (in Mio DM)
4.000	3.6021	4.0703	1.5090	32,4
4.500	3.6532	4.1281	1.5668	36,8
5.000	3.6990	4.1798	1.6185	41,5
5.500	3.7404	4.2266	1.6653	46,3
6.000	3.7781	4.2692	1.7079	51,0

1) Der Gegenüberstellung der berechneten Y - Werte mit den tatsächlichen Beobachtungswerten steht die Vertraulichkeit der Daten im Wege. Die Umsatzzahlen sind willkürlich zur Berechnung der Funktion angenommen worden.

2) Als Einheit der Berechnung dient $1 \cdot 10^{6}$; der Logarithmus dieser Zahl wird mit 0.0000 angegeben.

Quelle: Auswertung der Primärerhebung.

Graphik zu Tab. 32



Das Bild der Funktion log Y = 2.4763 + 1,11 log X zeigt einen leicht exponentiellen Anstieg, was darauf hindeuten könnte, daß mit zunehmender Unternehmensgröße die F & E - Intensität leicht steigt. Die F & E - Intensitäten der größten bzw. kleinsten von uns erfaßten Unternehmen [1] errechnen sich wie folgt:

F & E - Intensität für 1968

a) für X = 300 Mio DM Umsatz

$\log Y = - 2.5613 + 1,13 \log 300 \cdot 10^6$

$\log Y = 0.2388$

$Y = 1,711$ Mio DM

F & E - Intensität: $Y / X = \frac{1,7}{300} = 0,57\ \%$

b) für X = 6.000 Mio DM Umsatz

$\log Y = - 2.5613 + 1,13 \log 6.000 \cdot 10^6$

$\log Y = 1.7079$

$Y = 51$ Mio DM

F & E - Intensität: $Y / X = \frac{51}{6.000} = 0,85\ \%$

Aufgrund der geschätzten Funktion werden in dem größten Unternehmen der Eisen- und Stahlindustrie 0,28 % mehr vom Umsatz für Forschung und Entwicklung ausgegeben als in den kleinsten der untersuchten Unternehmen. Die durchschnittliche F & E - Intensität liegt mit ca. 0,71 % vom Umsatz etwa in der gleichen Größenordnung wie die mit dem linearen Ansatz

$$Y = b \cdot X$$

im vorhergehenden Abschnitt geschätzten Werte.

Die Prüfung des Regressionskoeffizienten b unter der Bedingung, der "wahre" Wert von b sei gleich 1, ergibt, daß die Nullhypothese nicht zurückgewiesen werden kann.

---

1) Die Unternehmensgroßen variable X liegt im Bereich der wirklichen Größe des Unternehmens, gibt jedoch nicht exakt deren Wert an.

Mit der Testgröße

$$t = \frac{\hat{b} - \bar{b}}{\hat{\sigma}_b}$$

wobei b der geschätzte und b der vorgegebene Wert und $\hat{\sigma}_b$ der Standardfehler sind, errechnet sich für t einen Wert von

$$t = \frac{1,113 - 1,00}{0,195} = 0,66$$

Da der zulässige Grenzwert 2,120 5) beträgt, läßt sich die Nullhypothese nicht zurückweisen; das Ergebnis ist statistisch nicht signifikant.

Als Ergebnis läßt sich für das Jahr 1968 festhalten, daß aufgrund der vorhandenen Daten eine Aussage über die Zufälligkeit oder Nichtzufälligkeit der Abweichungen von einer umsatzunabhängigen F & E - Intensität nicht gemacht werden können.

Für das Jahr 1966 wurden mit dem exponentiellen Ansatz folgende Parameterwerte geschätzt:

$$(2) \quad \log Y = \underset{(\pm 0.5370)}{- 2.4261} + \underset{(\pm 0,1819)}{1,08 \log Y} \pm 0,23195$$

Entlogarithmiert:

$$(2') \quad Y = 10^{- 2.4261} \cdot X^{1,08} = 0,0027 \cdot X^{1,08}$$

Der Korrelationskoeffizient erzielte einen Wert von R = 0,83, ein Wert der gegenüber der linearen Hypothese wesentlich niedriger ist. Somit lassen sich nur 68,9 % der Veränderungen der endogenen Variablen auf Veränderungen der exogenen Variablen zurückführen. Der Durbin - Watson - Koeffizient liegt mit 1,81 recht gut. Der Korrelationskoeffizient ist auf dem 0,1 % - Niveau signifikant, der Variationskoeffizient errechnete sich mit VA = 30,96 %.

---

5) Vgl. A. Linder a. a. O. Seite 414

Tab 33

Berechnung der Funktion log Y = -2.4261 + 1,08 log
oder $Y = 0{,}0027 \cdot X^{1{,}08}$ für 1966

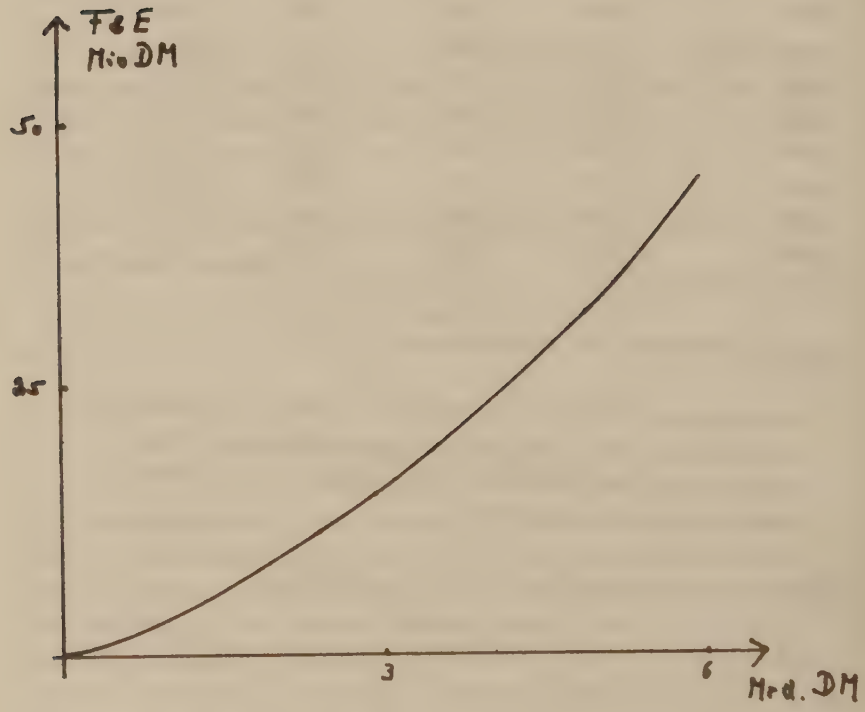
X (Umsatz in Mio DM)	Berechnung der Variablen 1) 2)			
	log X	b. log X	log Y	Y
500	2.6990	2.9149	0.4882	3,07
1000	3.0000	3.2400	0.8139	6,5
1500	3.1761	3.4302	1.0141	10,7
2000	3.3010	3.5650	1.1389	13,8
2500	3.3910	3.6623	1.2562	18,0
3000	3.4771	3.7555	1.3294	21,4
3500	3.5441	3.8276	1.4015	25,2
4000	3.6021	3.8882	1.4621	29,0
4500	3.6532	3.9455	1.5194	33,1
5000	3.6990	3.9949	1.5688	37,1
5500	3.7404	4.0396	1.6135	41,1
6000	3.7781	4.0803	1.6742	47,2

Quelle: Auswertung der Primärerhebung

1) Der Gegenüberstellung der berechneten Y - Werte mit den tatsächlichen Beobachtungswerten steht die Vertraulichkeit der Daten im Wege. Die Umsatzzahlen sind willkürlich zur Berechnung der Funktion angenommen.

2) Basis der Berechnung ist $1 \cdot 10^{6} = 0.0000$.

Graphik zur Tab. 33



Auch im Jahre 1966 hat die geschätzte Funktion einen leichten exponentiellen Anstieg, was auf eine leicht zunehmende F & E - Intensität bei wachsender Unternehmensgröße hindeuten könnte. Die F & E - Intensität der größten bzw. kleinsten von uns erfaßten Unternehmen errechnet sich wie folgt: [1]

F & E - Intensität 1966

a) für X = 500 Mio DM Umsatz

$\log Y = 2.4261 + 1{,}08 \log 300 \cdot 10^6$

$\log Y = 0.4882$

$Y = 3{,}0$ Mio DM

F & E - Intensität: $Y / X = 0{,}6\ \%$

b) für X = 5.000 Mio DM Umsatz

$\log Y = - 2.6417 + 1{,}14 \log 5.000 \cdot 10^6$

$\log Y = 1.57551$

$Y = 37{,}6$ Mio DM

F & E - Intensität: $Y / X = \frac{37{,}6}{5.000} = 0{,}74\ \%$

Nach den vorliegenden Ergebnissen hätten die größten Unternehmen im Jahre 1966 ca. 0,14 % mehr vom Umsatz für Forschung und Entwicklung ausgegeben als die kleineren von uns untersuchten Unternehmen. Dieses Ergebnis ist jedoch nicht statistisch signifikant, weil die Nullhypothese bei Prüfung des Regressionskoeffizienten unter Zugrundelegung der Prämisse, daß der "wahre" Wert des Regressionskoeffizienten gleich 1 ist, nicht verworfen werden kann. Der geschätzte Wert muß aufgrund dessen als zufällig betrachtet werden, und es ergeben sich keine Anhaltspunkte, daß die Unternehmensgröße ein wesentlicher Bestimmungsgrund für das Niveau der F & E - Intensität ist. Als Ergebnis läßt sich festhalten, daß auch für das Jahr 1966 die Linearhypothese, aufgrund der gegebenen Beobachtungen, nicht zwingend widerlegt werden kann.

---

[1] Die Umsätze entsprechen zwar den Größenordnungen aber nicht den tatsächlichen Werten

Die Funktion $Y = A X^{b}$ wurde für das Jahr 1964 durch folgende numerischen Werte spezifiziert:

$$(3) \quad \log Y = -3.5098 + 1{,}41 \log X \pm 0{,}18886$$
$$(\pm 0.50130) \quad (\pm 0{,}1720)$$

Entlogarithmiert:

$$(3') \quad Y = 10^{-3.5098} \cdot X^{1{,}41} = 0{,}0229 \cdot X^{1{,}41}$$

Der Korrelationskoeffizient errechnete sich mit R = 0,895 und ist auf dem 0,1 % - Niveau statistisch signifikant. Der Durbin - Watson liegt mit DW = 1,95 sehr gut. Bei einem Korrelationskoeffizienten von 0,895 lassen sich rund 80 % der Veränderungen der endogen Variablen auf Veränderungen der exogenen Variablen durch das Bestimmtheitsmaß B erklären. Der Variationskoeffizient muß mit 33,24 % als hoch eingestuft werden, so daß die Aussagefähigkeit von dieser Seite beeinträchtigt wird.

Tab. 34

Berechnung der Funktion $\log Y = -3.5098 + 1{,}41 \log X = 1{,}41$
$Y = 0{,}0229 \cdot X^{1{,}41}$ für das Jahr 1964

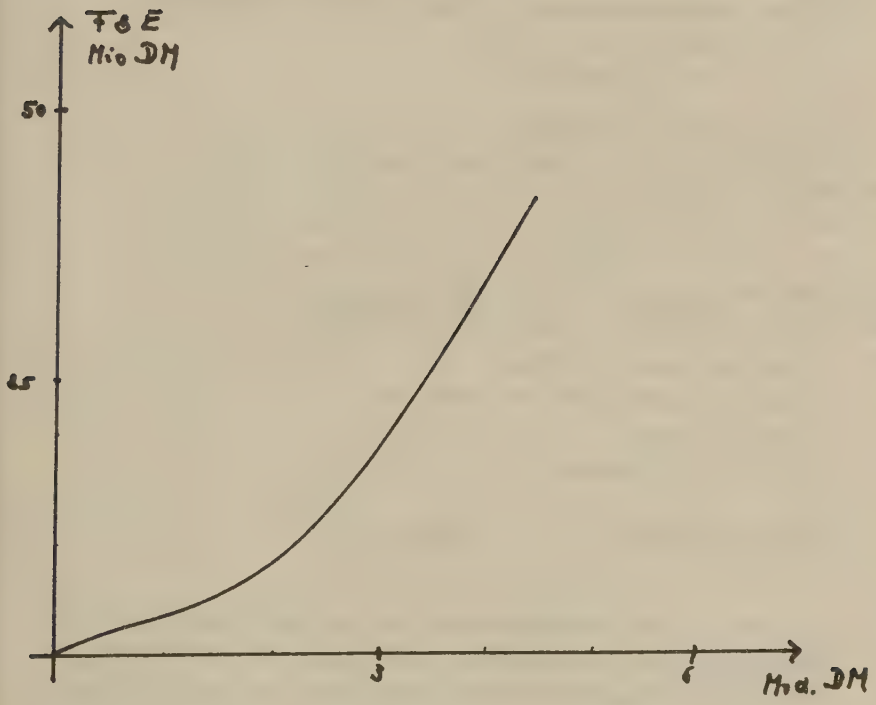
X (Umsatz in Mio DM)	Berechnung der Variablen 1) 2)			
	log X	b log X	log Y	Y
500	2.6990	3.8056	0.2956	1,93
1000	3.0000	4.2300	0.7202	5,25
1500	3.1761	4.4783	0.9685	9,3o
2000	3.3010	4.6544	1.1446	14,0
2500	3.3979	4.8110	1.3012	20,0
3000	3.4771	4.9027	1.3929	24,7
3.500	3.5441	4.9972	1.4874	30,7
4000	3.6021	5.0790	1.5692	37,1
4500	3.6532	5.1510	1.6412	43,8
5000	3.6990	5.2156	1.7058	50,9
5500	3.7404	5.2740	1.7642	58,1
6000	3.7781	5.3271	1.8173	65,7

Quelle: Auswertung der Primärerhebung

1) Der Gegenüberstellung der errechneten Y - Werte mit den tatsächlichen Y - Werten steht die Vertraulichkeit der Daten im Wege. Die X - Werte sind willkürlich zur Berechnung der Funktion angenommen, liegen aber im Rahmen der Größenordnung

2) Als Einheit der Berechnung dient 1.10^{6}; der Logarithmus dieser Zahl wird mit 0.0000 angegeben

Graphik zu Tab. 34



Gegenüber den Jahren 1968 und 1966 liegt der Regressionskoeffizient im Jahre 1964 erheblich über 1,00. Prüft man den Regressionskoeffizienten auf seine statistische Signifikanz unter der Annahme, der wirkliche Wert von b sei gleich 1, so stellt man fest, daß er gerade noch auf dem 5 % - Niveau statistisch signifikant ist. Die Prüfgröße

$$t = \frac{\hat{b} - \bar{b}}{\sigma_{\bar{b}}} = \frac{1{,}41 - 1{,}00}{0{,}172}$$

nimmt für die Schätzung den Wert 2,3 an, während der Grenzwert der Signifikanz auf dem 5 % - Niveau bei 16 Beobachtungen den Wert 2,120 annimmt. [1]

Bestimmt man die F & E - Intensität für die beiden Grenzwerte der untersuchten Unternehmensgrößen, so erhält man folgende Ergebnisse:

F & E - Intensität 1964 für

a) für X = 300 Mio DM Umsatz

$\log Y = - 3.5098 + 1{,}38 \log 300 \cdot 10^6$

$\log Y = 0.8986 - 1$

$Y = 0{,}8$ Mio DM

F & E - Intensität: $Y / X = \frac{0{,}8}{300} = 0{,}28\ \%$

b) für X = 4.000 Mio DM Umsatz

$\log Y = 3.5098 + 1{,}41 \log 4.000 \cdot 10^6$

$\log Y = 1.5692$

$Y = 37{,}1$ Mio DM

F & E - Intensität: $Y / X = \frac{37{,}1}{4.000} = 0{,}93\ \%$

Der für X = 4.000 Mio DM errechnete Wert von 0,93 % vom Umsatz liegt erheblich über dem wirklichen Wert der Unternehmen dieser Größenordnung. Bei der Interpretation der Ergebnisse muß mit berücksichtigt werden, daß der Variationskoeffizient V A mit 33,24 % sehr hoch ist und der Erklärungsgehalt der Funktion erheblich eingeschränkt wird.

---

[1] Vgl. A. Linder ... a. a. O. Seite 414

Dennoch könnte das Ergebnis dahingehend interpretiert werden, daß im Jahre 1964 eine gewisse Tendenz nachzuweisen ist, daß die Unternehmensgröße die Höhe der F & E - Intensität beeinflußt. Die hohe Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % läßt es ebenfalls ratsam erscheinen, das Resultat mit Vorsicht zu interpretieren.

Für das Jahr 1962 wurden folgende Parameterwerte geschätzt:

$$(4) \quad \log Y = \underset{(\pm 0.5089}{-3,5469} + \underset{(0,1781)}{1,3847} \log X \pm 0,21413$$

Entlogarithmiert:

$$(4') \quad Y = 10^{-3.5469} \times^{1,38} = 0,0352 \cdot X^{1,38}$$

Mit einem Wert von R = 0,886 ist der Korrelationskoeffizient auf dem 0,1 % - Niveau signifikant. Somit werden durch das Strammheitsmaß B 78,50 % der Veränderungen der endogenen Variablen durch Veränderungen der exogenen Variablen erklärt. Der Rest ist sonstigen Einflüßen zuzuschreiben. Der Durbin - Watson - Koeffizient errechnet sich mit DW = 2,28 und kann als gut bezeichnet werden. Der Variationskoeffizient VA liegt mit 55,28 % sehr hoch, so daß der Erklärungsgehalt der Funktion stark gemindert wird.

Tab. 35

Berechnung der Funktion log Y = - 3.5469 + 1,38 log X =
$Y = 0{,}0352 \cdot X^{1{,}38}$ für das Jahr 1962

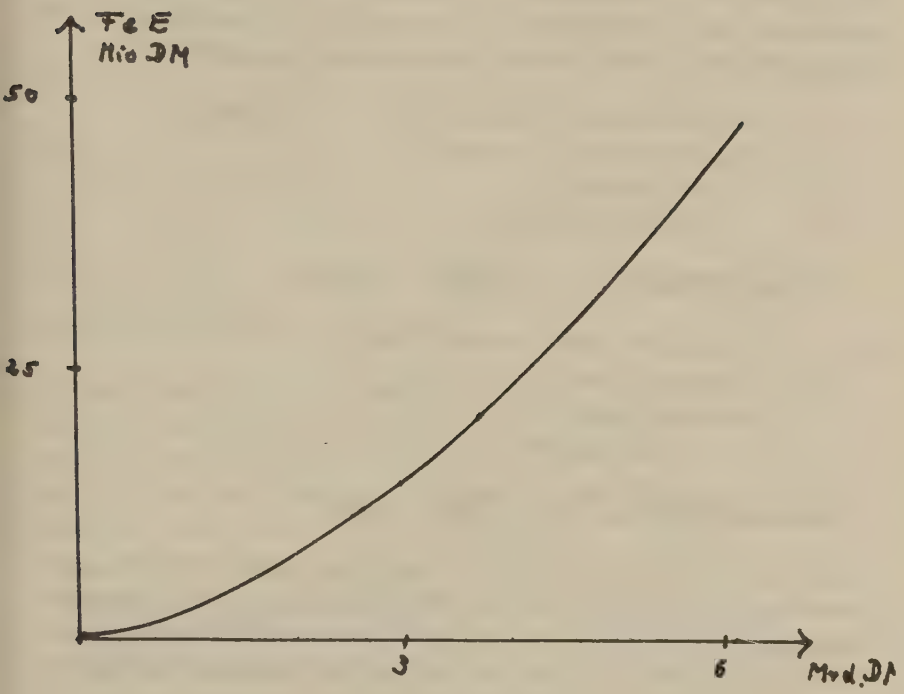
X (Umsatz in Mio DM)	Berechnung der Variablen 1) 2)			
	log X	b · log	X log Y	Y
500	2.6990	3.7236	0.1767	1,52
1000	3.0000	4.1400	0.5931	3,92
1500	3.1761	4.3830	0.8361	6,86
2000	3.3010	4.5538	1.0069	10,15
2500	3.3979	4.6891	1.1422	13,87
3000	3.4771	4.7981	1.2515	17,85
3500	3.5441	4.8909	1.3440	22,1
4000	3.6021	4.9709	1.4240	26,55
4500	3.6532	5.0400	1.4931	31,13
5000	3.6990	5.1046	1.5577	36,12
5500	3.7404	5.1618	1.6149	41,2
6000	3.7781	5.2138	1.668	46,43

Quelle: Auswertung der Primärerhebung

1) Der Gegenüberstellung der errechneten Y - Werte mit den tatsächlichen Y - Werten steht die Vertraulichkeit der Daten im Wege. Die X - Werte sind willkürlich zur Berechnung der Funktion angenommen, liegen aber im Rahmen der tatsächlichen Größenordnungen.

2) Als Einheit der Berechnung dient $1 \cdot 10^{6}$; der Logarithmus dieser Zahl wird mit 0.0000 angegeben.

Graphik zur Tab. 35



Auch im Jahre 1962 liegt der Regressionskoeffizient mit einem Wert von 1,38 erheblich über 1. Prüft man, ob der Regressionskoeffizient statistisch signifikant von eins verschieden ist, kommt man zu dem Ergebnis, daß er mit 2,14 gerade noch über der zulässigen Grenze von 2,12 liegt, und somit auf dem 5 % - Niveau statistisch signifikant ist. Dies bedeutet, daß die F & E - Intensität im Jahre 1962 eine steigende Funktion der Unternehmensgröße ist. Je größer die Unternehmensgröße, desto größer die F & E - Intensität. Zur Illustration werden die F & E - Intensitäten für die kleinsten und größten Unternehmensgrößen der von uns untersuchten Unternehmen berechnet:

a) F & E - Intensität bei X = 300 Mio Umsatz

$$\log Y = - 3.5469 + 1{,}38 \log X$$

$$\log Y = 0{,}8714 - 1$$

$$Y = 0{,}744 \text{ Mio DM}$$

$$\underline{\text{F \& E - Intensität:}} \quad Y / X = \frac{0{,}744}{300} = \underline{0{,}248\ \%}$$

b) F & E - Intensität bei X = 4.000 Mio Umsatz

$$\log Y = - 3.5469 + 1{,}38 \log X$$

$$\log Y = 1.4240$$

$$Y = 26{,}5 \text{ Mio DM}$$

$$\underline{\text{F \& E - Intensität:}} \quad Y / X = \frac{26{,}5}{4.000} = \underline{0{,}66\ \%}$$

Die Differenz der F & E - Intensität zwischen den größten und kleinsten Unternehmen ist mit 0,41 % im Jahre 1962 am größten, d. h. die größeren Unternehmen betreiben intensiver Forschung und Entwicklung als kleinere Unternehmen. Konzentration wäre im Jahre 1962 vom Standpunkt von Forschung und Entwicklung wünschenswert gewesen. Bei der Interpretation der Ergebnisse muß jedoch beachtet werden, daß der Variationskoeffizient mit 55,28 % die Aussagekraft der Resultate entscheidend vermindert und die Stichprobe mit 16 Beobachtungswerten relativ klein ist.

Abschließend zu den Untersuchungen mit der logarithmischen Funktion

$$\log Y = \log A + b \log X$$

werden die für die einzelnen Jahre erzielten Ergebnisse zusammengefaßt und kritisch analysiert.

Tab. 36

Zusammenfassung der mit der Funktion $Y = A X^b$ erzielten Ergebnisse von 1962 - 1968

Jahre	Resultate				
	b	R	B	DW	VA
1968	1,115 (± 0,147)	0,888	71,21	1,80	24,45
1966	1,08 (± 0,1819)	0,83	68,9	1,81	30,96
1964	1,41 (± 0,1720)	0,895	80,0	1,95	33,24
1962	1,38 (± 0,1781	0,886	78,50	2,28	55,28

Quelle: Auswertung der Primärerhebung

Die statistische Güte der getesteten Funktion kann als recht gut bezeichnet werden. Ein Blick auf die Durbin - Watson - Koeffizienten in der Tabelle zeigen, daß der DW - Koeffizient gute Werte erzielt, d. h. er liegt recht nahe dem Idealwert von 2. In einer Querschnittsanalyse kann dieser Tatbestand, wenn die Beobachtungswerte der einzelnen Unternehmen der Unternehmensgröße nach geordnet wurden, ein Indiz für die angesetzte Funktion sein. Die Variationskoeffizienten nehmen für weiter zurückliegende Jahre erheblich zu, was den Erklärungsgehalt des Funktionstyps stark vermindert. Während der Regressionskoeffizient b für die Jahre 1968 und 1966 nicht signifikant von eins verschieden war, konnte seine Signifikanz für die Jahre 1964 und 1962 auf dem 5 % - Niveau nachgewiesen werden. Hier läßt sich ein schwacher positiver Zusammenhang zwischen Unternehmensgröße und F & E - Intensität konstruieren, der dahin interpretiert werden kann, daß die kleineren Unternehmen, wenn ein solcher Zusammenhang überhaupt bestand, weil die Unsicherheit der Daten für weiter zurückliegende Jahre wahrscheinlich zunimmt, ihre F & E - Aktivität bis 1968 so aktiviert und intensiviert haben, daß für die Jahre 1966 und 1968 eine Überlegenheit nicht mehr nachgewiesen werden konnte.

4.) Die Brauchbarkeit der Linearitätshypothese

In den Untersuchungen der beiden vorangehenden Abschnitte 2 und 3 wurde a priori unterstellt, daß der zu analysierende Sachverhalt durch die Linearitätshypothese, einmal durch die nicht-logarithmierte und zum anderen durch die logarithmierte Form approximiert werden kann. Inwieweit diese Hypothese tatsächlich brauchbar ist, den Zusammenhang zwischen Unternehmensgröße und F & E - Aktivität in der Stahlindustrie wiederzugeben, wird im folgenden durch die Gleichung

$$Yi = a + b\ Xi + c\ Xi^2 + d\ Xi^3 + e\ Xi^4$$

untersucht. Es wird überprüft, ob die Koeffizienten c, d und e signifikant sind [1]. Sollte dies der Fall sein, so bedeutet dies noch nicht unbedingt, daß die Beziehung nicht - linear ist. Es ist zu prüfen, ob die Abweichungen von der Linearitätshypothese die ökonomische Realität besser erklären und somit die restliche Varianz erheblich reduzieren. In diesem Zusammenhang wird besonders für die Jahre 1964 und 1962 zu prüfen sein, ob sich die mit der logarithmierten Funktion im vorhergehenden Abschnitt erzielten Ergebnisse, nämlich daß die F & E - Intensität in den beiden Jahren eine steigende Funktion der Unternehmensgröße ist, aufrecht erhalten lassen.

Bei der Schätzung der Funktion

$$Y\,i = a + b\ Xi + c\ Xi^2 + d\ Xi^3 + e\ Xi^4$$

für das Jahr 1968 zeigte es sich, daß die Nicht - Linearität des Zusammenhangs zwischen Unternehmensgröße und F & E - Ausgaben nicht nachgewiesen werden konnte. Die Koeffizienten c, d und e sind nicht signifikant und werden infolgedessen aus der Berechnung eliminiert.

---

1) Der Signifikanztest wurde mit Hilfe des der Berechnung zugrunde liegenden Programms durchgeführt. Koeffizienten, die nicht signifikant sind, werden der Reihe nach eliminiert und die Funktion jeweils neu geschätzt. Es wurde zugelassen, daß die Variablen X^2, X^3, und X^4 eliminiert werden konnten.

Tab. 37

Parameterschätzungen der Funktion $Yi = a + b\,Xi + e\,Xi^2 + d\,Xi^3 + e\,Xi^4$

1968

Nr.	Resultate	
	Koeffizienten	Standardfehler
1 (a)	$-0.46109 \cdot 10^{-2}$	$0.44449 \cdot 10^{-2}$
2 (b)	$+0.18298 \cdot 10^{-1}$	$0.11973 \cdot 10^{-1}$
3 (c)	$-0.55949 \cdot 10^{6}$	$0.91144 \cdot 10^{6}$
4 (d)	$+0.99340 \cdot 10^{4}$	$0.24259 \cdot 10^{5}$
5 (e)	$-0.56602 \cdot 10^{2}$	$0.20349 \cdot 10^{3}$

Quelle: Auswertung der Primärerhebung.

Als Ergebnis der Schätzungen blieb nach Eliminierung der Variablen Nr. 5, 4 und 3 die lineare Funktion

$$Y = 330340 + 0{,}0074\ X$$

übrig wie sie bereits geschätzt und dargestellt wurde. Für das Jahr 1968 wurde damit die a priori angenommene Linearität zwischen Unternehmensgröße und F & E - Ausgaben bestätigt, zumal auch die logarithmierte Form des linearen Ansatzes nicht signifikant abweichende Ergebnisse lieferte.

Bei Prüfung der Linearitätshypothese für das Jahr 1966 zeigte es sich, daß die Koeffizienten c und e signifikant sind und infolgedessen nicht aus der Berechnung eliminiert wurden.

Tab. 38

Parameterschätzung der Funktion $Yi = a + b\,Xi + c\,Xi^2 + d\,Xi^3 + e\,Xi^4$

1966

Nr.	Resultate	
	Koeffizienten	Standardfehler
1 (a)	$-0.10424 \cdot 10^{-1}$	$0.56037 \cdot 10^{-2}$
2 (b)	$+0.49928 \cdot 10^{-1}$	$0.19293 \cdot 10^{-1}$
3 (c)	$-0.55842 \cdot 10^{7}$	$0.20608 \cdot 10^{7}$
4 (d)	$+0.26642 \cdot 10^{6}$	$0.84286 \cdot 10^{5}$
5 (e)	$-0.34262 \cdot 10^{4}$	$0.10137 \cdot 10^{4}$

Quelle: Auswertung der Primärerhebung

Trotz der Signifikanz der Glieder c und e braucht die Beziehung nicht unbedingt nicht - linear zu sein. Zum Beweis der Nichtlinearität muß noch geprüft werden, ob durch die Einführung der Glieder c und e (Multikollinearität) der Korrelationskoeffizient wesentlich gegenüber dem Korrelationskoeffizienten der linearen Regression gestiegen ist.

Der Korrelationskoeffizient der nicht - linearen Regressionsfunktion erhöhte sich auf R = 0,966 gegenüber R = 0,906 im linearen Regressionsansatz. Vergleicht man die Bestimmkeitsmaße $B = R^2$ der beiden Funktionen so verbesserte sich im multiplen Regressionsansatz um 11,2 % von 82,1 % auf 93,3 %, d. h. der Erklärungsgehalt der Funktion wird dadurch erhöht, daß sich nur 93 % der Veränderungen der endogenen Variablen auf Veränderungen der exogenen Variablen zurückführen lassen. Eine Verbesserung des Erklärungsgehalts um 11 % kann als wesentlich betrachtet werden.

Untersucht man die Ursachen, die ein solches Ergebnis gegenüber dem Jahr 1968, für das die lineare Funktion bestätigt wurde, etwas zweifelhaft erscheinen lassen, so stellt man fest, daß das Ergebnis durch

einen extremen Beobachtungswert verursacht wird. Eliminiert man diesen Wert aus der linearen Regressionsfunktion, steigt der Korrelationskoeffizient von R = 0,906 auf R = 0,96, so daß der Unterschied zum nicht - linearen Ansatz nicht mehr als wesentlich angesehen werden kann. Der Durbin - Watson - Koeffizient erzielte nach Eliminierung der extremen Beobachtung mit 2,09 einen sehr guten Wert, der die Brauchbarkeit dieses Funktionstyps unterstreicht. Die Eliminierung eines extremen Beobachtungswertes ist jedoch nicht ohne weiteres zu rechtfertigen, es sei denn, es läßt sich vermuten, daß der Wert auf Fehlangaben beruht. Dieser Tatbestand ist ex post nicht mehr nachzuprüfen, jedoch erscheint es uns unwahrscheinlich, daß von 1966 bis 1968 eine so große Veränderung im F & E - Verhalten stattgefunden hat. Die Vermutung wird noch dadurch gestützt, daß die logarithmische Funktion für 1966 keine signifikant von der Linearität verschiedenen Ergebnisse lieferte.

Die Parameter der Funktion vierter Ordnung erzielten für das Jahr 1964 folgende Werte:

Tab. 39

Parameterschätzung der Funktion $Yi = a + b\,Xi + c\,Xi^2 + d\,Xi^3 + e\,Xi^4$
1964

Nr.		Resultate	
		Koeffizienten	Standardfehler
1	(a)	$-0.17074 \cdot 10^{-2}$	$0.15932 \cdot 10^{-2}$
2	(b)	$+0.42481 \cdot 10^{-2}$	$0.35526 \cdot 10^{-2}$
3	(c)	$+0.70016 \cdot 10^{6}$	$0.35904 \cdot 10^{6}$
4	(d)	$-0.27978 \cdot 10^{5}$	$0.19757 \cdot 10^{5}$
5	(e)	$+0.29201 \cdot 10^{2}$	$0.32328 \cdot 10^{3}$

Quelle: Auswertung der Primärerhebung

Die Koeffizienten c, d und e sind nicht siquifikant. Eliminiert man bei der Berechnung der Regressionsfunktion zunächst die fünfte und im näch-

sten Schritt die dritte Variable, so stellt man fest, daß die vierte Variable signifikant wird, und zwar noch auf dem 1 % - Niveau (errechneter Wert 3,1; Tafelwert 3,055 [1]).

Der Korrelationskoeffizient stieg von R = 0,937 im linearen Ansatz auf R = 0,959 in der Funktion $Y = a + b X + c X^3$. Bei einer varianzanalytischen Prüfung der beiden Korrelationskoeffizienten stellt man fest, daß der Erklärungsgehalt der kubischen Funktion um rund 4 % höher liegt als b der der linearen Funktion, eine Verbesserung, die als nicht wesentlich betrachtet werden kann.

Für das Jahr 1962 wurden für die Funktion vierter Ordnung folgende Parameterwerte geschätzt:

Tab. 40

Parameterschätzungen der Funktion $Yi = a + b Xi + c Xi^2 + d Xi^3 + e Xi^4$

1962

Nr.	Resultate	
	Koeffizienten	Standardfehler
1 (a)	$+ 0.10945 \cdot 10^{-2}$	$0.30761 \cdot 10^{-2}$
2 (b)	$- 0.57378 \cdot 10^{-2}$	$0.11715 \cdot 10^{-1}$
3 (c)	$+ 0.21283 \cdot 10^{7}$	$0.13293 \cdot 10^{7}$
4 (d)	$- 0.11395 \cdot 10^{6}$	$0.54084 \cdot 10^{5}$
5 (e)	$+ 0.16782 \cdot 10^{4}$	$0.70112 \cdot 10^{3}$

Quelle: Auswertung der Primärerhebung

Die Koeffizienten c und d sind nicht signifikant; e ist gerade auf dem 5 % - Niveau signifikant. Eliminiert man die dritte Variable c

[1] Vgl. A. Linder a. a. O., Seite 465

aus der Berechnung, dann wird die vierte Variable d signifikant. Der Regressionskoeffizient berechnet sich bei der Funktion $Y = a + b X + d X^3 + e X^4$ auf $R = 0{,}938$ gegenüber $R = 0{,}912$ in der linearen Schätzung. Der Korrelationskoeffizient verbesserte sich um 0,024, wodurch sich der Erklärungsgehalt um 3,4 % verbesserte, was nicht als wesentlich angesehen werden kann. Unterdrückt man in der Funktion 4. Ordnung die 5 Variable e, d. h. testet man eine kubische Funktion für das Jahr 1962, so stellt man fest, daß die Koeffizienten c und d insignifikant sind und infolgedessen aus der Schätzung der Regressionsfunktion eliminiert werden. Als Ergebnis erhält man die bereits diskutierte lineare Schätzung.

Aus dem oben Gesagten läßt sich schließen, daß 1962 gewisse Unregelmäßigkeiten in der Funktion zu sein scheinen, was dadurch zum Ausdruck kommt, daß das Glied 4. Ordnung signifikant ist. Ein Ergebnis, das in etwa auch durch die Ergebnisse des exponentiellen Ansatzes gestützt werden könnte [1]. Es zeigte sich jedoch, daß die Korrelationskoeffizienten sich nicht wesentlich unterscheiden. Aufgrund der vorliegenden Daten kann die Linearitätshypothese nicht zwingend widerlegt werden.

Als Ergebnis der Untersuchung, inwieweit die Linearitätshypothese für die einzelnen Jahre ein brauchbarer Ansatz ist, können folgende Punkte festgehalten werden:

a) für das Jahr 1968 erwies sich der lineare Ansatz dem nicht-linearen eindeutig überlegen. Durch Eliminierung der nicht-signifikanten Glieder in der Funktion 4. Ordnung wurde als Ergebnis Linearität erzielt. Auch der exponentielle Ansatz erzielte keine von der Linearitätshypothese signifikant abweichenden Ergebnisse.

b) für die Jahre 1966, 1964 und 1962 läßt sich eine solche Aussage nicht so eindeutig fällen. Aufgrund der Beobachtungswerte konnten mit dem exponentiellen Ansatz für 1966 jedoch keine signifikant von der Linearität abweichenden Ergebnisse erzielt werden. Die Möglichkeit der Nichtlinearität der Beziehung zwischen Unternehmensgröße und F & E - Ausgaben

---

1) Vgl. Kap. 3, II 2

läßt sich für die Jahre 1964 und 1962 jedoch nicht eindeutig widerlegen, trotz guter Schätzergebnisse mit der linearen Funktion. Falls dieses Ergebnis nicht auf ungenauere Datenangaben für weiter zurückliegende Jahre zurückzuführen ist, kann es ökonomisch dahingehend interpretiert werden, daß eine gewisse Tendenz zugunsten der größten Unternehmen bestanden haben kann, die sich jedoch für das Jahr 1966 und schon garnicht für das Jahr 1968 nachweisen läßt. Gestützt werden die Ergebnisse durch die Tatsache, daß mit den Hypothesen

$$Yi / Xi = a + bXi$$
$$Yi / Xi = a + bXi + c\,Xi^{2}$$

keine Korrelation nachgewiesen werden konnte.

5. Interpretation der Ergebnisse.

Zum Abschluß der Untersuchung über die Beziehungen zwischen F & E - Aktivität und Unternehmensgröße werden die Ergebnisse der beiden Regressionsfunktionen

$$(1)\quad Y = b\,X \qquad \text{und}$$
$$(2)\quad Y = A\,X^{b}$$

miteinander verglichen, nachdem nachgewiesen werden konnte, daß die Linearitätshypothese durchaus brauchbar ist zur Erfassung des Sachverhaltes. Zunächst wird anhand der Testkriterien für die einzelnen Jahre die "beste" Funktion ausgewählt und untersucht, inwieweit sich die Ergebnisse gegenseitig stützen. Für die beste Funktion wird dann ein weiterer Test durchgeführt, bei dem die Zahl der Beobachtungen dadurch von 15 auf 30 vermehrt wird, daß die Beobachtungen für die Jahre 1968 und 1962 als unabhängige Beobachtungen aufgefaßt werden. Dadurch erhöht sich die Sample - Größe und die Chancen für signifikante Aussagen wachsen. Das Verfahren läßt sich damit rechtfertigen, daß die Freiheit der Unternehmen, das Niveau der F & E - Tätigkeit innerhalb von 7 Jahren zu verändern recht groß ist und deshalb Unabhängigkeit der Beobachtungen unterstellt werden kann. Abschließend wird dann noch versucht, ein Sample - mit den Beobachtungen - für alle 4 Jahre zu bilden, um die Chancen für signifikante Aussagen weiter zu erhöhen.

Tab. 41

Zusammenfassung der Testkriterien der Regressionsfunktionen:

a) $Y = b\,X$

b) $\log Y = \log A + b \log X$

Jahr	Testkriterien: $Y = b\,X$					Testkriterien: $\log Y = \log A + b \log$				
	b	R	$B=R^2$	DW	VA	b	R	$B=R^2$	DW	VA
1968	0,0075	0,98	96,0	2,49	21,80	1,11	0,888	79,85	1,90	24,45
1966	0,0071	0,905	81,9	2,70	32,19	1,08	0,831	67,06	1,81	30,95
1964	0,0062	0,935	86,5	1,87	35,70	1,40	0,895	60,1	1,95	33,2
1962	0,005	0,911	83,1	1,93	41,85	1,38	0,886	76,2	2,28	55,3

Quelle: Auswertung der Primärerhebung

Beim Vergleich der Ergebnisse läßt sich feststellen:

a) Für das Jahr 1968 wurde für die einfache lineare Funktion ein Korrelationskoeffizient von R = 0,98 und somit ein Bestimmtheitsmaß von B = 96,0 gegenüber R = 0,888 und somit B = 79,85 der logarithmischen Funktion erzielt. Während sich mit der linearen Hypothese rund 96 % der Veränderungen der endogenen Variablen durch Veränderungen der exogenen Variablen erklären lassen, erklärt die logarithmische Funktion nur 79,85; der Unterschied kann als wesentlich betrachtet werden. Während bei der linearen Funktion der Variationskoeffizient etwas besser liegt als bei der logarithmischen Funktion, ist bei den Werten des Durbin - Watson - Koeffizienten umgekehrt; die Werte der logarithmischen Funktion liegen näher dem Idealwert 2. Dafür die logarithmische Funktion geschätzte Regressionskoeffizient b = 1,11 ist unter der Annahme, der Zusammenhang zwischen Unternehmensgröße und F & E - Ausgaben sei tatsächlich linear, nicht signifikant. Die vorhandenen Beobachtungen reichen nicht aus, ein von 1 signifikant verschiedenes b zu erzielen. Durch dieses Ergebnis wird der mit der linearen Funktion geschätzte Zusammenhang unterstützt. Im Jahre 1968 ist die F & E - Intensität aufgrund der gegebenen Beobachtungswerten unabhängig von der Unternehmensgröße und für alle Unternehmensgrößenklassen konstant.

b) Für das Jahr 1966 unterscheiden sich die Korrelationskoeffizienten wieder sehr stark. Die einfache lineare Funktion erzielte ein R von 0,905. Wohingegen die logarithmische Funktion um einen Wert von R = 0,83 erzielte. Somit erklärt die Linearhypothese rund 82 % der Veränderungen der endogenen Variablen durch Veränderungen der exogenen Variablen, die logarithmische Funktion dagegen nur rund 67 % der Veränderungen. Die Differenz ist als wesentlich zu betrachten. Die Anhaltspunkte, Nichtlinearität des Zusammenhangs zwischen Unternehmensgröße und F & E - Ausgaben anzunehmen, sind aufgrund der vorliegenden Daten nicht ausreichend. Gestützt wird dieses Ergebnis wieder durch den mit der logarithmischen Funktion erzielten Regressionskoeffizienten, der unter der Annahme der Linearität nicht signifikant ist. Anhaltspunkte, das Ergebnis mit gewisser Vorsicht zu betrachten, geben die mit der logarithmischen Funktion erzielten wesentlich besseren Variations- und Durbin - Watson - Koeffizienten.[1)]

c) Im Jahre 1964 wurde mit der Funktion Y = b X wiederum ein besserer Korrelationskoeffizient erzielt (R = 0,935) als mit der logarithmischen Funktion (R = 0,895). Die lineare Funktion erklärt rund 87 % der Veränderungen der endogenen Variablen durch die exogene Variable, die logarithmische Funktion rund 80 % der Veränderungen. Den Unterschied kann man als wesentlich interpretieren. Obwohl bei Überprüfung der Linearhypothese [2)] mit der Funktion 4. Ordnung die Linearität des Zusammenhangs nicht zwingend widerlegt werden konnte, bestehen für das Jahr 1964 Indizien, die darauf hindeuten, daß der Zusammenhang zwischen Unternehmensgröße nicht linear gewesen ist. Der Regressionskoeffizient der logarithmischen Funktion ist auf dem 5 % - Niveau gerade noch statistisch signifikant von 1 verschieden, was darauf hin-

---

1) Vgl. auch die Schätzungen mit der Funktion 4. Ordnung Kap. 3 II 4

2) Vgl. Kap. 33, II, 4

deuten würde, daß die F & E - Intensität eine wachsende Funktion der Unternehmensgröße ist. Für die logarithmische Funktion spricht auch der etwas bessere Durbin - Watson - Koeffizient, jedoch vermindern die beiderseitig hohen Variationskoeffizienten den Erklärungsgehalt der Funktionen. Es liegt nahe zu vermuten, daß für weiter zurückliegende Jahre, die Unsicherheit über die Genauigkeit der Daten zunimmt, was in den Jahr für Jahr zunehmenden Variationskoeffizienten zum Ausdruck kommt. Der Beweis der Nichtlinearität ist nicht unbedingt erwiesen.

d) Für das Jahr 1962 gilt Ähnliches wie für das Jahr 1964. Bei Überprüfung der Linearhypothese [1] mit der Funktion 4. Ordnung konnte auch für 1962 die Linearitätshypothese nicht zwingend widerlegt werden, obwohl auch hier Anzeichen für eine Nicht - Linearität vorhanden sind. Gestützt wird diese Aussage wieder durch den Regressionskoeffizienten des logarithmischen Ansatzes, der für b = 1,38 gerade noch auf den 5 % - Niveau signifikant von 1 verschieden ist. Für die Linear hypothese sprechen dagegen der bessere Korrelationskoeffizient mit R = 0,911 gegenüber R = 0,886 im logarithmischen Ansatz, wodurch rund 7 % der Veränderungen der endogenen Variablen durch Veränderungen die exogene Variable mehr erklärt werden, der weitaus bessere Durbin-Watson - Koeffizient und der weitaus bessere Variationskoeffizient.

Zusammenfassend zu den Ergebnissen der beiden Regressionsfunktionen kann festgestellt werden, daß für den Zeitraum 1962 - 1968 in der Eisen- und Stahlindustrie die Unternehmensgröße keinen großen Einfluß auf die F & E Intensität ausgeübt hat. Die F & E - Intensität stieg in diesem Zeitraum von 0,5 % des Umsatzes auf 0,75 % vom Umsatz, ein Einfluß der Unternehmen größe auf die F & E - Intensität konnte dabei kaum signifikant nachgewiesen werden. Ausgenommen für die Jahre 1964 und 1962 läßt sich ein schwacher positiver Zusammenhang zwischen Unternehmensgröße und F & E - Intensität konstruieren, der dahingehend interpretiert werden kann, falls der Zusammenhang nicht auf zunehmende Ungenauigkeiten in den Daten zurückzuführen ist, daß die kleineren Unternehmen bis zum Jahr 1968 ihre F & E - Aktivität so aktiviert und intensiviert haben, daß eine Überlegenheit der größten Unternehmen für die letzten Jahre nicht mehr nachgewiesen werden konnte.

---

1) Vgl. Kap. 3, II 4

Aufgrund des Ergebnisses, daß die vorhandenen Daten nicht ausreichten zu der Aussage, daß Abweichungen von der Linearität nicht zufällig sind, wird im folgenden zunächst eine Sample der Daten von 1962 und 1968 mit der Funktion Y = a + b X untersucht, um die Chancen für signifikante Aussagen zu erhöhen. Die Zahl der Beobachtungen erhöht sich dadurch auf 31.

Folgende Parameter wurden für die Funktion geschätzt:

$$Y = -0{,}00084864 + 0{,}007 \quad X \pm 0{,}0027$$
$$(\pm\ 0{,}00066991)\ (\pm\ 0{,}0004)$$

Die statistische Qualität der Funktion kann als gut bezeichnet werden. Der Korrelationskoeffizient erzielte einen Wert von R = 0,954, was besagt, daß rund 91 % der Veränderungen der endogenen Variablen durch Veränderungen der exogenen Variablen erklärt werden können. Der Durbin - Watson - Koeffizient liegt mit 2,71 recht hoch, jedoch deutet er in diesem Bereich nicht auf Autokorrelation der Residuen hin. Der Variationskoeffizient liegt mit 38,6 jedoch recht hoch. Der Regressionskoeffizient b ist statistisch signifikant, nicht dagegen das absolute Glied a, das sowieso nicht sinnvoll ökonomisch interpretiert werden kann. Wie die Einzelanalyse mit 15 bzw. 16 Beobachtungen [1] zeigte, bedingt ein negatives absolutes Glied eine Überhöhung des Regressionskoeffizienten. In Wirklichkeit dürfte es also etwas niedriger liegen.

Der zweite Test mit Beobachtungen aller vier Jahre brachte folgende Ergebnisse, wobei sich die Zahl der Beobachtungswerte auf 62 erhöhte:

$$Y = -0{,}0004996 + 0{,}0069 \quad X \pm 0{,}0028$$
$$(\pm\ 0{,}0005)\quad (\pm\ 0{,}000314)$$

In absoluten Werten:

$$Y = -499.600 + 0{,}0069\ X$$

Der Korrelationskoeffizient erzielte einen sehr guten Wert von 0,942, was wieder besagt, daß rund 89 % der Veränderungen der endogenen Variablen auf Veränderungen der exogenen Variablen zurückgeführt werden können;

---

[1] Vgl. Kap. 3, II, 2

11 % sind sonstigen Einflüssen zuzurechnen. Der Durbin - Watson - Koeffizient, der bei einer Querschnittsanalyse zeigt, inwieweit ein Funktionstyp zur Erfassung eines Sachverhalts geeignet ist, wenn bei der Anordnung der Daten eine bestimmte Rangfolge eingehalten wird [1], erzielte mit 2,39 einen brauchbaren Wert. Der Regressionskoeffizient ist statistisch auf dem 0,1 %-Niveau signifikant; zu erwähnen ist, daß seine Signifikanz sich bedeutend gegenüber den Berechnungen mit weniger Daten verbessert hat. Nicht signifikant ist dagegen wieder a. Der negative Wert von a bewirkt wieder, daß der Wert b = 0,0069 zu hoch ausgefallen ist.

Vergleicht man die Ergebnisse der beiden letzten Schätzungen mit den Schätzungen in Tab. 41 so stellt man fest, daß die letzten Ergebnisse der statistischen Qualität nach den anderen Ergebnissen, außer für die lineare Funktion 1968, überlegen sind. Dieses Ergebnis kann dahingehend interpretiert werden, daß die lineare Hypothese sehr gut geeignet ist, den Sachverhalt zwischen Unternehmensgröße und F & E - Ausgaben zu erfassen, zumal der logarithmische Ansatz bei Zusammenfassung der Daten keine signifikanten Ergebnisse erzielte.

Wiederholt man die Tests mit den Daten aller vier Jahre und führt dabei die Zeit als unabhängige Variable ein, so zeigt sich, daß sich die F & E - Intensität innerhalb der 7 Jahre beträchtlich erhöht, die Unternehmensgröße jedoch keine wesentliche Rolle gespielt hat.

Aus den Ergebnissen läßt sich abschließend die Schlußfolgerung ziehen, daß in der westdeutschen Eisen- und Stahlindustrie, aus ökonomischer Perspektive Grund zu der Behauptung besteht, daß die F & E - Intensität unabhängig von der Unternehmensgröße ist und daß bei einer Messung der F & E - Aktivität von der Inputseite her sich eine zunehmende Konzentration mit dem Argument, sie sei aus Gründen der Forschung und Entwicklung dringend notwendig, nicht begründen läßt.

---

[1] Vgl. Kap. 3, I, 3

II Die "Rate of Return" der F & E - Ausgaben

1. Darstellung des Modells

In der bisherigen Untersuchung wurde der F & E - Prozeß von der Inputseite analysiert. Es wurde untersucht, welche Wirkungen die Unternehmensgröße auf die F & E - Aktivität, gemessen durch die F & E - Ausgaben, ausübt. Ziel dieses Teils der Arbeit ist es, die Bedeutung der Unternehmensgröße inbezug auf die Rentabilität der F & E - Ausgaben herauszuarbeiten.

Um diesen Sachverhalt zu analysieren, wird mit Hilfe eines von Mansfield[1] entwickelten ökonometrischen Modells die "Rate of Return" einer zusätzlichen Ausgabe für Forschung und Entwicklung im Jahre 1968 geschätzt.

Mansfield[2] konstruierte zwei Modelle, und zwar unterscheidet er in "disembodied" und "embodied" technischen Fortschritt. Man spricht von "disembodied technical change", wenn zur Realisierung des Technischen Fortschritts keine neuen Investitionen erforderlich sind. Von "Capital embodied technical change" wird in diesem Zusammenhang gesprochen, wenn die technischen Veränderungen von Investitionen, die den Wissenszuwachs in die Praxis umsetzen, abhängig sind[3].

---

1) E. Mansfield: Technological Changes: Stimuli, Constraints, Returns, Rate of Return, from Industrial Research and Development, AER, PP, Bd. 55, 1965 Seite 310 - 322

2) E. Mansfield: Technological Changes: Stimuli ... a. a. O. Seite 310

3) Vgl. G. Bombach: Die Theorie hinkt hinterher, in: VW Nr. 18 Jg. 1969, Seite 34 f.

Um diesem Sachverhalt Rechnung zu tragen, entwickelte Mansfield zur Schätzung des "organizational technical change" und ein Modell zur Erfassung des "capital embodied technical change"[1]. In beiden Modellen wird der technische Fortschritt als Residuum gemessen, d.h. der technische Fortschritt wird als eine Restgröße erfaßt, die den beiden Produktionsfaktoren Arbeit und Kapital nicht zugerechnet werden kann. Dadurch, daß Mansfield die "Embodied-Hypothese" im zweiten Modell berücksichtigt, werden einmal die dargestellten Zusammenhänge so kompliziert und unübersichtlich, daß von der formellen Seite schon Bedenken gegen eine verbesserte Aussagefähigkeit der erzielten Ergebnisse vorgebracht werden müssen. Zum anderen wird in beiden Fällen der technische Fortschritt als Residuum gemessen, und da das System nur ein Residuum hat, müßten beiden Hypothesen im wesentlichen zu den selben Ergebnissen führen[2], gleichgültig ob man annimmt, der technische Fortschritt sei seiner Natur nach "embodied" oder "disembodied", obwohl Mansfield unterschiedliche Ergebnisse erzielte.

---

1) E. Mansfield: Technical Changes: Stimuli ... a. a. O. Seite 310

2) Z. Griliches in AER, PP 55 (1965) Discussion, Seite 344 f, hier Seite 345:
"If technical change is measured residually, using the same numbers and precedure one should get essentially the same results wether one assumes that it is embodied or disembodied - there is only one residual in the system, and it does not matter where one put it."

3) D. W. Jorgenson: The Embodied Hypothesis, in J.P.E., Bd. 74 (1960), Seite 1 - 17, hier Seite 2
"... we are able to show that one can never distinguish a model of embodied technical change from a model of disembodied technical change on the basis of factual evidence such as that considered by Denison and Solow. Both types of technical change have precisely the same factual implications so that the "factual gap" suggested by Abramovitz is entirely illusory." Vgl. auch E.F. Denison: The Importance of the Embodied Question, in AER, Bd. 54 (1964).

4) E. Mansfield: Technical Changes: Stimuli ... a. a. O. S. 315

Aufgrund der Tatsache, daß es umstritten ist, ob die "Embodied-Hypothese" zu Fortschritten innerhalb der Analyse führt, stützen wir uns in der folgenden Untersuchung auf das erste Modell von Mansfield, u.a. auch weil bei Berücksichtigung der "Embodied-Hypothese" einige Daten zur Schätzung der "Rate of Return" nicht zur Verfügung standen.

Modellentwicklung [1]

Es wird angenommen, daß für jedes Unternehmen die Cobb-Douglas-Produktionsfunktion Gültigkeit hat. Die Funktion wird um einen dritten Produktionsfaktor erweitert, und zwar werden die kumulierten vergangenen F & E - Ausgaben explizit als unabhängige Variable in der Funktion berücksichtigt.

$$(1)\quad Q_i(t) = Ae^{a_1 t}\left[\int_{-\infty}^{t} e^{-\lambda(t-q)} R_i(q)\,dq\right]^{a_2} L_i(t)^{b} \cdot K_i(t)^{1-b}$$

Die Ausbringung eines Unternehmens i im Zeitpunkt t ist abhängig von den beiden Produktionsfaktoren Arbeit und Kapital, dem externen technischen Fortschritt a_1 und den über die Vergangenheit kumulierten Forschungs- und Entwicklungsausgaben, die als dritter Produktionsfaktor interpretiert werden können.

Symbolerklärung

$Q_i(t)$ = die Ausbringung des i-ten Unternehmens im Zeitpunkt t
$K_i(t)$ = Kapitalstock des i-ten Unternehmens im Zeitpunkt t
$L_i(t)$ = Laborinput des i-ten Unternehmens im Zeitpunkt t
$A_i(g)$ = Die Ausgaben für Forschung und Entwicklung des i-ten Unternehmens im Zeitpunkt t

---

[1] Das Modell und die Erläuterungen dazu wurden von Mansfield übernommen.

a_1 = Wachstumsrate des autonomen technischen Fortschritts, der auch erscheinen würde, wenn das Unternehmen keine Ausgaben für Forschung und Entwicklung machen würde.

= Koeffizient für die jährliche Entwertungsrate einer Investition in Forschung und Entwicklung

a_2 = Die Elastizität der Ausbringungsmenge in bezug auf die kumulierten vergangenen F & E - Ausgaben

A = Niveau Parameter

t = Zeit, gemessen in Jahren.

Folgende Fakten werden in Funktionen (1) berücksichtigt:

1. Es wird berücksichtigt, daß die Effizienz eines Unternehmens von ihren früheren F & E - Ausgaben ebenso abhängig ist wie von der Aktivität anderer Unternehmen und nicht gewinnstrebende Institutionen (z.B. Universitätsinstitute) auf dem Sektor der Forschung und Entwicklung.

2. Des weiteren wird die Möglichkeit der Entwertung von Investitionen in Forschung und Entwicklung, analog der Entwertung von Investitionen im Bereich der Sachanlagegüter aufgrund des erhöhten Risikos der F & E - Investitionen und der Möglichkeit des Veraltens von Forschungsergebnissen in der Funktion berücksichtigt. (Faktor λ)

3. Es wird die übliche Annahme gemacht, daß konstante Skalenerträge auftreten, wenn man die Höhe der Ausgaben für Forschung und Entwicklung, die das Niveau der Technologie in einem bestimmten Zeitpunkt bestimmen, konstant hält.

4. A und λ können von Unternehmen zu Unternehmen variieren, a_1 und a_2 sind für den Industriezweig konstant[1].

Über die Entwicklung der Ausgaben für Forschung und Entwicklung wird folgende Annahme gemacht:

$$(2)\quad R_i(g) = R_o \cdot e^{(p-d)g}$$

---

[1] Diese Annahme wurde von Mansfield gemacht, wird von uns aber später modifiziert; vgl. E. Mansfield a. a. O. Seite 311

Symbolerklärung:

R_i = Ausgaben für Forschung und Entwicklung des i-ten Unternehmens im Basisjahr

p = die Wachstumsrate der F & E - Ausgaben in laufenden Geldeinheiten

d = Geldentwertungsfaktor

Aufgrund der Entwicklung der F & E - Ausgaben in der Eisen- und Stahlindustrie seit 1962[1] kann diese Annahme als durchaus realistisch betrachtet werden, jedenfalls wenn die F & E - Ausgaben in laufenden Geldeinheiten ausgedrückt werden. Es wird im folgenden unterstellt, daß die Annahme (2) auch zutrifft, wenn mit um die Geldentwertungsrate bereinigten F & E - Beträgen gerechnet wird.

Unter der Annahme, daß der Modellansatz bisher korrekt ist, soll der Grenzertrag eines zusätzlichen Betrages E, der im Basisjahr in Forschung und Entwicklung investiert wird, bestimmt werden. Gleichung (2) wird in Gleichung (1) eingesetzt und integriert. Als Ergebnis erhält man:

$$(3)\quad Q_i(t) = A\, e^{a_1 t}\left[\frac{R_0 e^{(p-d)t}}{p-d+\lambda}\right]^{a_2} \cdot L_i(t)^{\alpha} \cdot K_i(t)^{1-\alpha}$$

Im Zeitpunkt t = o wird ein zusätzlicher Betrag E in Forschung und Entwicklung investiert.

$$(4)\quad Q_i(t) = A\, e^{a_1 t}\left[\frac{R_0 \cdot e^{(p-d)t}}{p-d+\lambda} + E\, e^{-\lambda t}\right]^{a_2} L_i(t)^{\alpha}\, K_i(t)^{1-\alpha}$$

Durch Differentation ergibt sich:

$$(5)\quad \left.\frac{\partial Q_i(t)}{\partial E}\right|_{E=0} = a_2 A\, e^{(a_1-\lambda)t}\left(\frac{R_0 \cdot e^{(p-d)t}}{p-d+\lambda}\right)^{a_2-1} L_i(t)^{\alpha}\, K_i(t)^{1-\alpha}$$

---

1) Vgl. Kapitel 2: Die Entwicklung der F & E - Ausgaben in der Eisen- und Stahlindustrie.

Weiter soll gelten:

$$(6)\quad L_i(t) = L_0 \cdot e^{\ell t}$$

$$(7)\quad K_i(t) = K_0 \cdot e^{k t}$$

Integriert man die Grenzerträge $\frac{\partial Q_i(t)}{\partial E}$ in den Grenzen Null und Unendlich und zinst sie kontinuierlich auf den Bezugszeitpunkt ab, ergibt sich

$$(8)\quad \int_0^\infty \frac{\partial Q_i(t)}{\partial E}\Big|_{E=0} \cdot e^{-rt}\, dt = a_2 A \left(\frac{R_0}{p-\alpha+\lambda}\right)^{a_2-1} \cdot L_{i0}^{\alpha} \cdot K_{i0}^{1-\alpha} \times \int_0^\infty e^{t[a_1-\lambda-\tau+(a_2-1)(p-\alpha)+\alpha\ell+(1-\alpha)k]}\, dt$$

Weiter sei

$$(9)\quad Q_{i0} = A L_{i0}^{\alpha} \cdot K_{i0}^{1-\alpha}$$

Unter der Annahme, daß die Preise der Produkte vom Basisjahr konstant bleiben, und die Elastizität des Angebots von F & E - Mitteln für das Unternehmen unendlich elastisch ist, läßt sich Gleichung (8) unter Berücksichtigung von Gleichung (9) wie folgt transformieren:

$$(10)\quad \int_0^\infty \frac{\partial Q_i(t)}{\partial E}\Big|_{E=0} = a_2(p-\alpha+\lambda)\frac{Q_{i0}}{R_0} \left[\frac{1}{\tau+\lambda-a_1-(a_2-1)(p-\alpha)-\alpha\ell-(1-\alpha)k}\right]$$

Die Cobb-Douglas-Funktion kann dahingehend interpretiert werden, daß sie den relativen Beitrag der einzelnen Produktionsfaktoren zur Herstellung einer Produktionseinheit angibt. Der Mansfield'sche Ansatz operiert mit monetären, nicht jedoch mit physischen Größen. Wenn daher die Prämisse postuliert wird, daß die monetären Größen keine preislichen Veränderungen im Zeitablauf erfahren, läßt die rechte Seite der Gleichung (10) gleich eins setzen. Da im Mansfield'schen Ansatz[1] sowohl die Ausbringungsmenge als auch F & E - Ausgaben in Preisen des Basisjahres ausgedrückt werden, ist das Verfahren zulässig.

---

1) Vgl. E. Mansfield: Technical Changes: Stimuli ... a. a. O. S. 312

Die rechte Seite der Gleichung (10) wird gleich eins gesetzt und nach r aufgelöst.

$$(11)\quad r = a_1 (p - d + \lambda) \frac{R_{i0}}{R_{.0}} - \lambda + a_1 + (a_1 - 1)(p - d) + d\,l + (1 - d)\,k$$

r ist die Grenzertragsrate einer zusätzlichen Ausgabe in Forschung und Entwicklung im Bezugsjahr.

2. Analyse des Modells

In der theoretischen Literatur[1] unterscheidet man arbeitssparenden, kapitalsparenden und neutralen Technischen Fortschritt. Hicks[2] neutraler Technischer Fortschritt liegt dann vor, wenn kein ökonomischer Anreiz zu Substitutionsvorgängen zwischen den Faktoren Arbeit und Kapital besteht, d.h. kein Anreiz das Einsatzverhältnis der beiden Produktionsfaktoren zu ändern.

Der Einwand gegen die Cobb-Douglas-Produktionsfunktion besteht nun gerade darin, daß sie neutralen Technischen Fortschritt voraussetzt. Dieser Nachteil wirkt sich damit ex definitione dahingehend aus, daß Substitutionsvorgänge zwischen den beiden Faktoren Arbeit und Kapital ausgeschlossen sind.

Da in der Mehrzahl der Fälle Technischer Fortschritt mit einer Substitution von Arbeit durch Kapital verbunden ist, steht diese Prämisse in einem gewissen Widerspruch zur Realität. Trotz einer gewissen Einschränkung für die Aussagefähigkeit des Modells wird in der

---

1) Vgl. A.E. Ott: Produktionsfunktion, Technischer Fortschritt und Wirtschaftswachstum, in: Wachstum und Entwicklung der Wirtschaft, Neue Wissenschaftliche Bibliothek, 23, 1968, Seite 251 - 296, Seite 264 f
ebenso "Technischer Fortschritt" in HdSW Bd. 10, S. 302 - 315

2) J.R. Hicks: The Theory of Wages, 2. Aufl. New-York 1948, Seite 121 f

weiteren Untersuchung an der Cobb-Douglas-Produktionsfunktion festhalten, weil dieser Nachteil u. E. aus folgenden zwei Gründen nicht so schwerwiegend auswirken kann:

a) die Untersuchung ist eine Querschnittsanalyse, d.h. es wird das zu einem bestimmten Zeitpunkt gültige Faktoreneinsatzverhältnis erfaßt,
b) der technische Fortschritt wird als Residuum gemessen.

Die kumulierten vergangenen F & E - Ausgaben werden als dritter Produktionsfaktor und die Größe a_2 als zweite Produktionselastizität eingeführt.

Um die Technologie auf einem konstanten Niveau zu halten, setzt das Modell voraus, daß die Unternehmen in Forschung und Entwicklung investieren müssen, und zwar wird dies dadurch bedingt, daß die Ausbringungsmenge in DM gemessen wird. Die Prämisse, daß die Ausbringung in DM dauernden Einsatz von Forschung und Entwicklung erfordert, läßt sich damit begründen, daß die Produkte zwar produziert, aber wegen Veraltens nicht mehr abgesetzt werden können.

Der Faktor Lambda bewirkt eine kontinuierliche Abschreibung der F & E - Ausgaben. Die Abschreibung der F & E - Ausgaben läßt sich mit den Argumenten begründen, daß die Wahrscheinlichkeit einer Fehlinvestition größer ist, einmal wegen der Ungewißheit über den Erfolg des Vorhabens und zum anderen wegen der Möglichkeit des Veraltens von Forschungsergebnissen.

Da es sich in der vorliegenden Untersuchung um eine mikroökonomische Analyse handelt, bleiben die "Social Returns", d.h. die Erträge, die eine Erfindung der ganzen Volkswirtschaft bringt, außer Ansatz. Auch dürfte in diesem Zusammenhang das Meß- und Zurechnungsproblem kaum lösbar sein.

Das Modell setzt weiterhin voraus, daß die F & E - Ausgaben (R (g)) unmittelbar auf die Ausbringungsmenge (Q(t)) wirken. Es wird eine

unendlich schnelle Reaktionsgeschwindigkeit vorausgesetzt, zeitliche Verzögerungen der Wirkung von F & E - Investitionen auf die Ausbringung werden nicht berücksichtigt. Diese Annahme muß gerade für den F & E - Bereich als unrealistisch betrachtet werden, weil F & E - Vorhaben von der Konzipierung bis zur Produktionsreife viel Zeit beanspruchen; zum anderen wird die Länge des Time - lag von Projekt zu Projekt und von Fall zu Fall unterschiedlich sein, so daß man eine stark unregelmäßige Verteilung erwarten muß.

Für die Ziele unserer Untersuchung spielt jedoch die Wirkung des Time-lag auf die F & E - Rentabilität keine wesentliche Rolle, weil eine Verminderung der geschätzten F & E - Rentabilitäten um einen bestimmten Prozentsatz für alle Unternehmen keinen Einfluß ausübt auf die Fragestellung, inwieweit mit steigender Unternehmensgröße eine steigende F & E - Rentabilität verbunden ist.

Mansfield macht eine weitere vereinfachende Annahme bezüglich der Elastizität a_2. Er postuliert, daß für alle Unternehmen eines Industriezweiges a_2 den gleichen Wert annimmt.[1] Die Zulässigkeit dieser Prämisse wäre nur realistisch, wenn in den F & E - Abteilungen der einzelnen Unternehmen vollkommen homogene Produktionsfaktoren eingesetzt und infolgedessen homogene Ergebnisse erzielt würden. Es ist doch vielmehr so, daß im Forschungs- und Entwicklungsbereich, dessen Ergebnisse (Dotput) im wesentlichen von der Qualifikation und Leistung des Faktors Arbeit bestimmt werden, sehr unterschiedliche Werte für a_2 festzustellen sein werden.

Die Mansfield'sche Untersuchung, die mehr das Ziel verfolgte einen intersektoralen Vergleich durchzuführen, bei dem zwangsläufig vereinfachende Annahmengemacht werden müssen, wird im folgenden dahingehend abgeändert, daß sie speziell für Unternehmen der Eisen- und Stahlindustrie durchgeführt wird, wobei alle wichtigen Parameter von Unternehmen zu Unternehmen variieren können. Dies gilt insbesondere für die Elastizität a_2, die als ein Indiz für die Effizienz einer betrieblichen F & E - Abteilung interpretiert werden kann.

---

1) Mansfield machte diese Annahme wegen der geringen Samplegröße

3. Die ökonometrische Schätzung der "Rate of Return"

Zur Schätzung der Rentabilität der Forschungs- und Entwicklungsausgaben wird die oben entwickelte Beziehung

$$(1)\quad r = a_2(p-d+\lambda)\frac{R_0}{K_0} + a_1 - \lambda + (a_2-1)(p-d) + d\,l + (1-d)k$$

verwendet.

Mit Hilfe der Daten, die durch eine persönliche Befragung, aus Geschäftsberichten und Sekundärstatistiken ermittelt wurden, wird zunächst für jedes Unternehmen d, Ro, P und S geschätzt. Unter der Annahme, daß das Grenzprodukt der Arbeit gleich seinem Lohne ist, wurde d geschätzt, indem der durchschnittliche Anteil des Faktors Arbeit am Nettoproduktionswert von 1962 - 1968 berechnet wurde. Es wird dabei die vereinfachende Prämisse gemacht, daß d für alle befragten Unternehmen gleich ist.

$$d = \sum_{t=1962}^{1968} \frac{\text{Löhne + Gehälter}}{\text{Nettoproduktionswert (t)}} \cdot 100 = 62,9$$

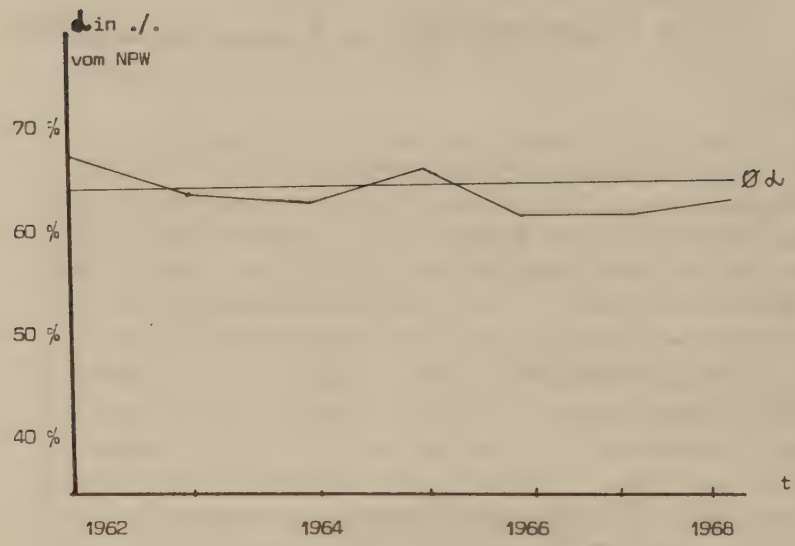
Tab. 42

Entwicklung des Anteils des Faktors Arbeit am N P W 1962 - 1968 in der Eisen- und Stahlindustrie

t	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968
d	66,5	63,6	64,5	62,4	60,9	60,9	61,4

Quelle: Geschäftsberichte, Statistisches Jahrbuch der Eisen- und Stahlindustrie 1962 - 1968; eigene Berechnung

Graphik zu Tab. 42



Go und Ro sind Werte für das Jahr 1968. Die Daten wurden in einer Primärerhebung gewonnen, wobei nochmals darauf hingewiesen wird, daß in Ro nur die unternehmenseigenen F & E - Ausgaben enthalten sind. Beträge, die zur Gemeinschaftsforschung verwendet oder sonstigen Institutionen zur Verfügung gestellt werden, sind darin nicht enthalten. Um p, die Wachstumsrate der F & E - Ausgaben zu schätzen, wurde für jedes Unternehmen folgende Regressionsgleichung angesetzt:

$$(12) \quad R(g) = Ro\, e^{p.t}$$

$$(13) \quad \ln R(g) = \ln Ro + p \ln e \,.\, t$$

$$(14) \quad \ln R(g) = \ln Ro + p \,.\, t$$

Der geschätzte Regressionskoeffizient p wurde als Schätzung für die Wachstumsrate der F & E - Ausgaben genommen. Daten standen für die Jahre 1962 - 1968 zur Verfügung.

Im nächsten Schritt wurde $b = a_1 + a_2 (p - \alpha)$ geschätzt, wobei b eine Schätzung des gesamten "technical change" ist. Der Faktor a_1 beinhaltet den externen und der Faktor $a_2 (p - d)$ den internen technischen Fortschritt.

Aufgrund der Tatsache, daß b als Residuum gemessen wird, läßt sich folgende Beziehung postulieren:

$$(15) \quad \dot{V}/V = \dot{Q}/Q - \alpha \dot{L}/L - (1 - \alpha) \dot{K}/K$$

Symbolerklärung:

Q = Ausbringunsmenge, gemessen durch den Nettoproduktionswert
L = Faktor Arbeit, gemessen durch die Lohnsumme
K = Faktor Kapital, gemessen durch das Anlagevermögen
V = Residuum, das den einzelnen Faktoren nicht zugerechnet werden kann.

Im Basisjahr wird die Ausbringungsmenge durch ein bestimmtes Faktorenverhältnis und ein bestimmtes technisches Niveau determiniert. Unter der Annahme, daß die Kapazitäten voll ausgelastet sind, läßt sich die Ausbringungsmenge nur noch über technische Veränderungen steigern. Erfolgt diese Veränderung gemäß der in Funktion (1) und (2) des Modellansatzes, so läßt sich folgende Beziehung ableiten:

$$(16) \quad V(t) = \left[Q_0 - \alpha L_0 - (1-\alpha) K_0 \right] \frac{R_0}{p - d + \lambda} \cdot A \, e^{[a_1 + a_2 (p-d)] t}$$

$$(17) \quad \ln V(t) = \ln c + [a_1 + a_2 (p-d)] \ln e \cdot t$$

$$(18) \quad \ln V(t) = c + b \cdot t$$

Für jedes Unternehmen standen die Daten für Q (t), K (t) und L (t) im Zeitraum 1962 - 1968 zur Verfügung. [1)]

Für das Basisjahr 1962 wird V = 1 angenommen. Dann wurde V (t) für die folgenden Jahre berechnet, wobei darauf hingewiesen werden muß, daß das Modell nur funktioniert, wenn der Nettoproduktionswert von Jahr zu Jahr wächst. Jahre, in denen der Dotput geringer war als in einem vorhergehenden Jahr wurden ausgelassen[2)]. Die Berechnungen wurden für jedes Unternehmen einzeln durchgeführt. Der Regressionskoeffizient der Gleichung

$$\ln V(t) = k + b\,t$$

wurde als Schätzung für b verwendet.

Im nächsten Schritt wurde a_1 berechnet:

$$b = a_1 + a_2 (p - d)$$

$$a_1 = b - a_2 (p - d) \qquad \text{oder}$$

$$a_1 = \left[b + a_2 d\right] - a_2 p$$

---

1) Vgl. E. Mansfield: a. a. O. S. 313 FN
"Note that the data on value added contain an error, which was judged to be too small to be worth correcting. By mistake, they are net of R and D expenditures. However, since R and D expenditures an very small and relatively constant percentage of value added ... , their omission is very unlikely to have an important effect on the findings. Note too that our estimate of a_1 is very rough. We assume that labor's marginal product is set equal to its wage. ... However, we cannot assume that the marginal products of both labor and capital are set equal to their prices, because this would leave nothing as compensation for the investment in R and D.

2) E. Mansfield: a. a. O. Seite 313

Die Werte von a_2 sind geschätzte Größen der befragten Unternehmen. Zur Berechnung von r wurde für alle Unternehmen der Stahlindustrie eine Wachstumsrate l von 0,03 und eine Wachstumsrate k von 0,02 errechnet[1], so daß sich für

$$\lambda \cdot l + (1 - \lambda) \cdot k = 0{,}0026$$

ergibt, bei einem Wert von $\lambda = 0{,}63$. Die Geldentwertungsrate betrug in der BRD in den Jahren 1962 - 1968 im Durchschnitt 3 v. H.[2] Die Werte für Lambda wurden in der Primärerhebung ermittelt; hierbei handelt es sich wieder um von den einzelnen Unternehmen geschätzte Werte, die in der Regel sehr grob sind.

---

1) Statistisches Jahrbuch der Eisen- und Stahlindustrie 1962 - 1968 S. 5; Entwicklung der Löhne und Gehälter; eigene Berechnung; k wurde aus den Bilanzen der Unternehmer errechnet.

2) Statistisches Jahrbuch für die BRD 1962 - 1968; Kapitel: Preisindices.

Tab. 43

Zusammenstellung der Schätzung von r notwendiger Parameter

Parameter	Schätzmethoden
d_o	Anteil des Faktors Arbeit am NPW 1962 - 1968; Quelle: Bilanzen der Unternehmen
Q	Ausbringung gemessen durch NPW; Quelle: Bilanzen der Unternehmen
R	Ausgaben für F & E 1968; Quelle: Primärerhebung
p	Regressionskoeffizient der Funktion $\ln R(g) = \ln R_0 + pt$
b	Regressionskoeffizient der Funktion $\ln V(t) = c + b \cdot t$
a_1	berechnet aus: $a_1 = b - a_2 p + a_2 \cdot d$
a_2	Schätzungen der Unternehmen
λ	Schätzungen der Unternehmen
d	Geldentwertungsrate; Quelle: Jahrbuch der BRD 1962 - 1968
l, k	Wachstumsrate des Faktors Arbeit und Kapital; berechnet aus den Bilanzen der Unternehmen 1962 - 1968

Tab. 44

Schätzung der "Rate of Return" der F & E - Ausgaben in der Eisen- und Stahlindustrie 1968

Unternehmen (Code)	Parameterschätzung				Rate of Return	
	b	a_2	a_1	P	λ 1) geschätzt d = 0,03	λ = 0,04 d = 0,03
Nr. 1	0,07	0,065	0,062	0,15	0,4193	0,4356
Nr. 2	0,052	0,075	0,042	0,16	0,4377	0,5225
Nr. 3	0,062	0,078	0,056	0,11	0,4072	
Nr. 4	0,055	0,08	0,047	0,12	0,7384	0,5375
Nr. 5	0,0397	0,07	0,035	0,11	0,4855	0,3219
Nr. 6	0,0336	0,078	0,024	0,15	0,8417	0,5811
Nr. 7	0,033	0,03	0,031	0,11	0,1832	0,1552
Nr. 8	0,032	0,035	0,025	0,22	0,7657	0,5529
Nr. 9	0,029	0,03	0,025	0,17	0,4016	0,3362
Nr. 10	0,032	0,04	0,027	0,16	0,2507	0,2350
Nr. 11	0,037	0,06	0,030	0,14	0,0797	0,0410
Nr. 12	0,034	0,03	0,030	0,18	0,0947	0,0754
Nr. 13	0,023	0,02	0,022	0,09	0,3161	0,1181
Nr. 14	0,036	0,05	0,025	0,14	0,1925	0,1800
Nr. 15	0,02	0,032	0,020	0,14	0,2874	0,2632

Quelle: Auswertung der Primärerhebung; eigene Berechnungen

1) wie es von den Unternehmen geschätzt wurde.

4. Auswertung und Interpretation der Ergebnisse

Bevor etwas über die Aussagefähigkeit der errechneten Rentabilität der F & E - Ausgaben in den einzelnen Unternehmen gesagt wird, wollen wir noch einmal kurz auf die Bestimmungsgleichung für die Rentabilität eingehen:

$$r = a_2(p-\alpha+\lambda)\frac{Q_{io}}{R_{io}} - \lambda + a_1 + (a_2-1)(p-\alpha) + \alpha l + (1-\alpha)k$$

Im wesentlichen hängt r von folgenden Größen ab:

a) dem Quotient aus Nettoproduktionswert und F & E - Ausgaben ($\frac{Qo}{Ro}$)

b) von a_2, der Elastizität der Ausbringungsmenge in bezug auf die F & E - Ausgabenmenge

c) der Wachstumsrate der F & E - Ausgaben (p).

Da der Nettoproduktionswert und die F & E - Ausgaben ziemlich exakt ermittelt werden konnten, besteht von diesen Daten wenig Gefahr zur Verfälschung der Ergebnisse. Dasselbe gilt für die Wachstumsrate p, obwohl hier für einige Unternehmen für weiter zurückliegende Jahre nur Schätzwerte angegeben wurden wie z. B. F & E - Anteil in Prozent vom Umsatz oder die F & E - Ausgaben pro Tonne Rohstahl. Die kritischste Größe in der Bestimmungsgleichung ist die Elastizität a_2. Sie ist eine von dem einzelnen Unternehmen geschätzte Größe, die einen hohen Fehlerprozentsatz enthalten kann. Praktisch ist es äußerst schwierig, den Beitrag der eigenen Forschungs- und Entwicklungsabteilung zu ermitteln. Es liegt daher nahe zu vermuten, daß die geschätzten Werte von a_2 i. d. R. etwas zu positiv ausgefallen sind, so daß die errechnete Rentabilität der F & E - Ausgaben etwas zu hoch ausgefallen sein wird.

Die gleiche Fehlerquelle liegt in dem Entwertungskoeffizienten λ. Wie aus der Bestimmungsgleichung zu ersehen ist, führt ein hoher Wert von λ zu einer niedrigeren F & E - Rentabilität. Eine Verfälschung der Ergebnisse ist leicht möglich. Um diese Fehlerquelle auszuschalten,

wurde die Rentabilität ein zweites Mal mit einem konstanten Wert von 0,04 für alle Unternehmen berechnet (Vgl. Tab. 44, Spalte 2). Wie aus der Tabelle zu entnehmen ist, streuen die Ergebnisse bei konstantem bedeutend weniger als bei variablem λ.

Die Ausgaben der Unternehmen für a_2 schwanken zwischen 0,02 und 0,08, also um 400 %. Aufgrund dieser großen Unterschiede von Unternehmen zu Unternehmen erscheinen die Werte für a_2 als objektive und zutreffende Wiedergabe der Realität suspekt. Daher wurde die "Rate of Return" noch einmal berechnet, wobei so verfahren wurde, daß die a_1 - Werte aus Tabelle gemittelt wurden und mit Hilfe dieses für alle Unternehmen gleichen a_1 wurde a_2 errechnet. Die für a_2 und r errechneten Werte sind in Tabelle 45 für alle Unternehmen zusammengefaßt.

Tab. 45

Rate of Return bei errechneten Werten von a_2

Code	a_2 1)	Rate of Return r_1 2)	r_2 3)	r_2 4)
Nr. 1	0,058	35,20 %	43,56	30 - 50 %
Nr. 2	0,054	37,4 %	52,25	20 - 30 %
Nr. 3	0,063	64,7 %	40,72	30 %
Nr. 4	0,078	54,6 %	53,75	25 %
Nr. 5	0,07	49,0 %	32,19	30 - 40 %
Nr. 6	0,058	56,8 %	58,11	25 - 35 %
Nr. 7	0,063	49,6 %	15,52	20 %
Nr. 8	0,032	56,7 %	55,29	20 - 40 %
Nr. 9	0,050	40,2 %	33,62	20 - 30 %
Nr. 10	0,054	36,9 %	23,50	20 - 30 %
Nr. 11	0,063	18,5 %	4,10	20 - 30 %
Nr. 12	0,047	24,4 %	7,54	30 - 50 %
Nr. 13	0,078	30,4 %	11,81	20 - 40 %
Nr. 14	0,063	29,3 %	18,00	15 - 25 %
Nr. 15	0,063	38,6 %	26,32	bis 40 %
		41,6 %	31,8 %	25,6 - 34,3%

Zu Tab. 45

1) a_2 errechnet mit einem für alle Unternehmen gleichen Wert von $a_1 = 0{,}0334$; $\lambda = 0{,}04$, $d = 0{,}03$
2) Rate of Return für errechnete Werte von a_2 bei $a_1 = 0{,}0334$, $\lambda = 0{,}04$, $d = 0{,}03$
3) Rate of Return aus Tab. 44 für von den Unternehmen geschätzte Werte von a_2
4) Von den Unternehmen geschätzte Rentabilität für wichtige laufende F & E - Projekte

Quelle: Eigene Erhebung und Berechnung

Wie aus der Tabelle ersichtlich ist, schwanken die errechneten Werte von a_2 erheblich weniger, als die a_2 - Werte, die von jedem Unternehmen unabhängig geschätzt wurden. Die Variationsbreite liegt zwischen 0,032 und 0,078, also um noch etwas über 200 % gegenüber 400 % bei den von den Unternehmen geschätzten Werten. Die r-Werte für gleiche a_1 - Werte für alle Unternehmen und daraus berechneten a_2- Werten liegen im Durchschnitt über den r-Werten, die in Tab. 44 errechnet wurden. Um einen Vergleich zu ermöglichen, wurde in der letzten Spalte der Tab. 45 die von Unternehmen erwartete Rentabilität für wichtige laufende F & E - Projekte festgehalten. Die durchschnittliche "Rate of Return" der Spalte 4 in Tab. 45 , d.h. bei einem von den Unternehmen geschätzten a_2, liegt mit ca. 32 % innerhalb der von den Unternehmen erwarteten Grenzen; die durchschnittlich erwartete Rentabilität für laufende F & E - Projekte beträgt 25 - 34 %. Vergleicht man die Spalte 3 mit Spalte 5, so stellt man fest, daß der durchschnittliche Wert der Spalte 3 mit 41 % über den von den Unternehmen erwarteten Rentabilitäten liegt. Dieser Unterschied kommt vor allem dadurch zustande, wenn man die Spalten 3 und 4 in Tab. 45 vergleicht, daß die r-Werte in der unteren Hälfte der Tabelle bei errechneten a_2 erheblich über den r-Werten bei geschätzten a_2 liegen.

Zwecks Überprüfung der Übereinstimmung zwischen den einzelnen "Rates of Return" wurden Rangkorrelationen aufgestellt. Die Rangkorrelation zwischen Spalte 3, also bei errechneten a_2 - Werten, und Spalte 4 - bei geschätzten a_2 - Werten - ergab einen Korrelationskoeffizienten von 0,74 und damit ein Bestimmtheitsmaß von 54,8.[1)]

Bildet man die Rangkorrelation zwischen Spalte 3 und Spalte 5, so stellt man fest, daß die Beziehung zwischen beiden Reihen sehr schwach ist. Es wurde ein Korrelationskoeffizient von 0,23 und damit ein Bestimmtheitsmaß von 5,23 % errechnet. Der Korrelationskoeffizient ist nicht signifikant. Die Übereinstimmung beider Reihen ist äußerst gering. Die Rangkorrelation zwischen Spalte 4 und 5 ergab einen Korrelationskoeffizienten von 0,17 und ein Bestimmtheitsmaß von 2,89 %. Ein Zusammenhang zwischen beiden Reihen kann nicht angenommen werden.

Während eine brauchbare Übereinstimmung zwischen den Rates of Return bei geschätztem und errechnetem a_2 besteht, konnte eine Übereinstimmung beider Reihen (Spalte 3 und 4) mit den von den Unternehmen geschätzten Rentabilitäten nicht errechnet werden.

Die in diesem Zusammenhang in bezug auf die Themenstellung interessanteste Frage ist die, ob zwischen den errechneten Rates of Return und der Unternehmensgröße ein Zusammenhang besteht, d.h. erzielen die größeren Unternehmen eine höhere Rentabilität als die kleineren? Zu diesem Zweck wurde die Spalte 3 bzw. die Spalte 4 der Tabelle 45 mit der Unternehmensgröße korreliert. Hypothetisch wurde der Berechnung die Funktion $y = a + b\,x$ zugrunde gelegt, d.h. die Rates of Return müssen mit wachsender Unternehmensgröße ebenfalls steigen.

Die durchgeführten Berechnungen ergaben, daß zwischen den r-Werten (Spalte 3, Tab. 45) und der Unternehmensgröße überhaupt kein Zusammenhang festgestellt werden konnte und den r-Werten der Spalte 4 und der

---

1) Vgl. Anhang II, Tab. 1

Unternehmensgröße folgende Funktion geschätzt wurde: [1]

$$r = \underset{(\pm 5,9)}{24,8} + \underset{(\pm 2,9)}{5,01} \times \pm 17,1$$

Der Korrelationskoeffizient errechnete sich mit 0,25 und damit das Bestimmtheitsmaß mit 6,25 %, also eineäußerst schwache Korrelation. Der Variationskoeffizient liegt mit 53,81 % äußerst hoch. Der Regressionskoeffizient b ist statistisch nicht signifikant. Ein positiver Zusammenhang zwischen der Rate of Return und der Unternehmensgröße konnte nicht gefunden werden.

5. Die modellbedingten Prämissen

Verschiedene modellbedingten Prämissen lassen es ratsam erscheinen, die oben errechneten Ergebnisse mit Vorsicht zu interpretieren. Die wichtigste Prämisse für den gesamten Ansatz ist die Gültigkeit der Cobb-Douglas-Produktionsfunktion. Diese Funktion impliziert, daß der technische Fortschritt neutral ist, also keine Verschiebung im Einsatzverhältnis von Arbeit und Kapital zuläßt. Diese Prämisse muß als wenig realistisch bezeichnet werden. Die Neutralität des technischen Fortschritts ist durch die der Funktion implizierten Prämisse der linearen Homogenität bedingt [2].

Eine weitere stark vereinfachende Annahme besteht darin, daß die Ungewißheit vernachlässigt wird. Der Modellansatz ist deterministisch, d.h. es wird unter der Annahme der Sicherheit gearbeitet.

---

[1] Vgl. Anlage I , Computerberechnungen

[2] Weitere Kritikpunkte über die allgemeine Gültigkeit der Cobb-Douglas-Produktionsfunktion lassen sich in der Literatur häufig finden. Vgl. z.B.: A.E. Ott a. a. O. Seite 251 - 296

Das Modell setzt jedoch nicht voraus, daß der technische Fortschritt nur kostenreduzierend wirkt[1]. Die Ausbringungsmenge ($\bar{a}_t$) wird durch den Nettoproduktionswert gemessen und zwar in monetären Größen. Ausgangspunkt zur Berechnung des Nettoproduktionswertes ist der Umsatz pro Periode. Werden in einer Periode Produkte, die aufgrund der unternehmenseigenen Forschung und Entwicklung neu erarbeitet wurden ins Verkaufsprogramm aufgenommen, so muß sich dieser Tatbestand im Nettoproduktionswert niederschlagen. Wurde der Output dagegen in physischen Einheiten gemessen, könnten neue Produkte nicht berücksichtigt werden, weil dadurch die Vergleichbarkeit zu früheren Perioden stark beeinträchtigt wurde.

Eine für die Aussagefähigkeit der Modelle wichtige Voraussetzung ist, daß die Schätzungen keine schwerwiegenden Fehler enthalten.

---

[1] Vgl. E. Mansfield: a. a. O. Seite 321

Schlußbemerkungen

Abschließend werden die Ergebnisse zur Untersuchung über Schumpeter'sche Hypothese, nur größte Unternehmen seien heute fähig, effizient Forschung und Entwicklung zu betreiben, und seien die treibenden Kräfte des technischen Fortschritts für die westdeutsche Eisen- und Stahlindustrie, zusammenfassend diskutiert.

Analysiert man den F & E - Prozeß von der Inputseite, d.h. erfaßt man die für den F & E - Bereich eingesetzten Mittel, so kommt man zu dem Ergebnis, daß die F & E - Ausgaben zwar mit wachsender Unternehmensgröße ebenfalls steigen, daß eine Überlegenheit der größten Unternehmen aufgrund der vorliegenden Daten nicht nachgewiesen werden konnte. Ein Sample aller zur Verfügung stehenden Daten, also der Jahre 1962 - 1968 deutet vielmehr darauf hin, daß der Zusammenhang zwischen F & E - Ausgaben und Unternehmensgröße linear ist, obwohl für die Jahre 1962 und 1964 diese Aussage abgeschwächt werden muß. Das ökonometrische Modell zur Bestimmung der Rentabilität der Forschungs- und Entwicklungsausgaben ließ keine Tendenz zugunsten der größten Unternehmen erkennen, d.h. ein positiver Zusammenhang zwischen der Rentabilität der für Forschung und Entwicklung eingesetzten Mittel und der Unternehmensgröße läßt sich nicht ableiten.

Eine zunehmende Konzentration in der westdeutschen Eisen- und Stahlindustrie läßt sich unter dem Gesichtspunkt der Forschung und Entwicklung und unter Außerachtlassung aller anderen Faktoren, die für Konzentrationsprozesse maßgebend sein können, aus den vorliegenden Daten und Ergebnissen nicht ableiten. Bedeutsam in diesem Zusammenhang für die Schumpeter'sche Hypothese ist jedoch der Tatbestand, daß alle untersuchten Unternehmen unter den statistischen Begriff der Großunternehmung fallen, denn das kleinste untersuchte Unternehmen beschäftigt 2.500, das größte rund 80.000 Personen.

Anhang I

Tab. 46

Rangkorrelation zwischen den Rates of Return (r_1 u. r_2) Tab. 45

Variablen		Rangzahlen			
Y	X	I	II	D1	D_1^2
35,20 %	43,56 %	11	5	6	36
37,4 %	52,25 %	9	4	5	25
64,7 %	40,72 %	1	6	-5	25
54,6 %	53,75 %	4	3	1	1
49,0 %	32,19 %	6	8	-2	4
56,8 %	58,11 %	2	1	1	1
49,6 %	15,52 %	5	12	-7	49
56,7 %	55,29 %	3	2	1	1
40,2 %	33,62 %	7	7	0	0
36,9 %	23,50 %	10	10	0	0
18,5 %	4,10 %	15	15	0	0
24,4 %	7,54 %	14	14	0	0
30,4 %	11,81 %	12	13	-1	1
29,3 %	18,00 %	13	11	2	4
38,8 %	26,32 %	8	9	-1	1
					146

Quelle: Eigene Auswertung und Berechnung

$r = 0,74$

Tab. 47

Rangkorrelation zwischen den Rates of Return
(r_1 u. r_3, Tab.45)

Y	X	Rangzahlen I	II	D_2	D_2^2
35,20 %	40 %	11	1	10	100
47,4 %	25 %	9	10	-1	1
64,7 %	30 %	1	5	-4	16
54,6 %	25 %	4	11	-7	49
49,0 %	35 %	6	4	2	4
56,8 %	30 %	2	6	-4	16
49,6 %	30 %	5	7	-2	4
56,7 %	30 %	3	8	-5	25
40,2 %	25 %	7	12	-5	25
36,9 %	25 %	10	13	-3	9
18,5 %	25 %	15	14	1	1
24,4 %	40 %	14	2	12	144
30,4 %	30 %	12	9	3	9
29,3 %	20 %	13	15	-2	4
38,8 %	40 %	8	3	5	25
					432

Quelle: Eigene Auswertung und Berechnung

$r = 0,23$

Tab. 48

Rangkorrelation zwischen den Rates of Return
(r_2 und r_3; Tab.45)

Y	X	I	II	D	D^2
43,56 %	40 %	5	1	4	16
52,25 %	25 %	4	10	-6	36
40,72 %	30 %	6	5	1	1
53,75 %	25 %	3	11	-8	64
32,19 %	35 %	8	4	4	4
58,11 %	30 %	1	6	-5	25
15,52 %	30 %	12	7	5	25
55,29 %	30 %	2	8	-6	36
33,62 %	25 %	7	12	-5	25
23,50 %	25 %	10	13	-3	9
4,10 %	25 %	15	14	1	1
7,54 %	40 %	14	2	12	144
11,81 %	30 %	13	9	4	16
18,00 %	20 %	11	15	-4	16
26,32 %	40 %	9	3	6	36
					466

$r = 0,17$

Quelle: Eigene Auswertung und Berechnung

Tab. 49

Der geschätzte Entwertungskoeffizient einer Investition in Forschung und Entwicklung.

Frage: "Wie hoch schätzen Sie ganz global für alle Investitionen in Forschung und Entwicklung die jährliche Entwertungsrate einer solchen Investition wegen der Möglichkeit des Fehlschlages und des Veraltens von F & E - Ergebnissen?"

Art des F & E - Prozesses	in Prozent / Jahr
GF + AF + E [1]	bis 15 - 25 %
AF + E	5 - 15 %
E	bis 5 %

1) GF = Grundlagenforschung
AF = Angewandte Forschung
E = Entwicklungstätigkeit

Quelle: Eigene Erhebung und Auswertung

Anhang II

Fragebogen zum Thema:

Forschung und Entwicklung, Unternehmensgröße und technischer Fortschritt in der Stahlindustrie

I. Allgemeine Aufgaben

1 Unternehmen

2. Konzernzugehörigkeit

3. Beschäftigtenzahl 1968

4. Produktion 1968

5. Umsatz 1968

6. Haupterzeugungsgruppen: a)
b)
c)
d)
e)

II. Organisation von F & E.

1. Welche der folgenden Beschreibungen kennzeichnet die Arbeit der F & E in Ihrem Unternehmen am besten

a) F & E findet ganz im zentralen Forschungslabor statt

b) Im wesentlichen zentralisiert, aber ein Teil der F & E - Tätigkeit wird auch in verschiedenen Abteilungen geleistet.

c) Etwa zur Hälfte zentralisiert und dezentralisiert.

d) Der Hauptteil der F & E ist dezentralisiert und wird von den einzelnen Abteilungen wahrgenommen, aber ein kleiner Teil ist auch zentralisiert.

e) Die gesamte F & E ist dezentralisiert, d.h. findet innerhalb verschiedener Abteilungen statt.

2. Welches der nachstehenden Schaubilder kennzeichnet die Organisation Ihrer Firma am besten

a) _____ b) _____

c) _____ d) _____

(Schaubild als Anlage des Fragebogens)

3. Auf welches Gebiet des Forschungsprozesses konzentrieren Sie Ihre Anstrengungen?

a) Grundlagenforschung

b) Angewandte Forschung

c) Entwicklungstätigkeit

4. Zur Beschäftigung in F & E

a) Wieviel Angestellte (Personen) sind in der F & E beschäftigt (Zeitreihe von 1962 - 68)

b) Wieviel Wissenschaftler sind in der F & E beschäftigt (1962 - 1968)

III. Motive, Zweck und Ziel von F & E

1. Welche der nachfolgend aufgeführten Faktoren veranlaßt Ihr Unternehmen, F & E zu betreiben:

a) Zwang durch die Konkurrenz, bzw. Erhaltung der Marktposition

b) Stärkung bzw. Ausdehnung der eigenen Marktposition

c) Sonstige _____

_____

2. Welche Zwecke verfolgen Sie mit F & E
   a) Kostensenkung durch
      aa) Verbesserung bereits bestehender Verfahren
      ab) Entwicklung von neuen Produktionsverfahren
   b) Umsatz- bzw. Gewinnsteigerung durch
      ba) Verbesserung bereits bestehender Produkte
      bb) Erfindung bzw. Entwicklung neuer Produkte.

3. Welches sind die Ziele Ihrer F & E - Tätigkeit
   a) kurzfristige Gewinne
   b) kurzfristige und langfristige Gewinne
   c) langfristige Gewinne

4. Wie schnell erwarten Sie die Amortisation Ihrer F & E - Ausgaben
   a) In weniger als 3 Jahren
   b) In 3 - 5 Jahren
   c) In 6 und mehr Jahren

5. Welche Faktoren beeinflußen die Höhe der Ausgaben für F & E
   a) Jahresgewinn
   b) Jahresumsatz
   c) Der Umfang der Forschungsausgaben des Vorjahres
   d) Kurzfristige Unternehmensziele
   e) langfristige Unternehmensziele
   f) Druck von Seiten der Konkurrenz
   g) erfolgversprechende Produkte

IV. Erfolgsanalyse von F & E

1. Die Aufwendungen für F & E

11. Wie hoch waren ihre jährlichen Forschungsaufwendungen von 1958 - 65

12) Halten Sie die Höhe dieser Aufwendungen in bezug auf die Größe Ihres Unternehmens für

a) zu hoch
b) optimal
c) zu niedrig

13) Wie lang schätzen Sie für den Durchschnitt aller Forschungsprojekte die zeitliche Verzögerung einer Investition in F & E auf die Produktion (Time - lag)

a) Bis zu einem halben Jahr
b) 0,5 - 1 Jahr
c) 1 - 2 Jahre
d) 2 - 3 Jahre
e) 3 - 5 Jahre
f) über 5 Jahre

14) Wie hoch schätzen Sie ganz global für alle Investitionen in F & E die jährliche Entwertungsrate einer solchen Investition wegen des erhöhten Risikos und der Möglichkeit des Veralterns von Forschungsergebnissen.

2. Die Erfolgsseite

21) In welchem Umfang tragen F & E zur Erreichung der Unternehmensziele bei

1: 2: 3: 4: 5:

22) In welchem Umfang erreichen die Anstrengungen von F & E ihre wesentlichen Ziele:

wenige Ziele werden erreicht 1: 2: 3: 4: 5: die meisten Ziele werden erreicht

23) Wie hoch schätzen Sie die Rentabilität wichtiger laufender F & E Projekte?

a) 10 - 20 %
b) 20 - 40 %
c) 40 - 50 %
über 50 %

V. Zur Produktionsfunktion

1. Bei gegebener Technologie arbeitet die Produktionsfunktion vom Typ Cobb-Douglas mit 2 Produktionsfaktoren, und zwar Arbeit und Kapital (Statische Analyse)! Wird eine Zeitperiode untersucht, so wird der "technische Fortschritt" als 3. Variable (Produktionsfaktor) miteinbezogen. Versuchen Sie den Beitrag ihrer F & E - Abteilung zum technischen Fortschritt herauszuarbeiten (Diskussion).

2. (Auftrags und Gemeinschaftsforschung)

Abkürzungen:

AER	=	American Economic Revue
AER, PP	=	American Economic Revue, Papers and Proceedings
Can JEC	=	Canadian Journal of Political Economy
JPE	=	Journal of Political Economy
QJE	=	Quarterly Journal of Economy
Stat. BA	=	Statistisches Bundesamt
VW	=	Der Volkswirt
ZfhF	=	Zeitschrift für handelswissenschaftliche Forschung

Literaturverzeichnis

1. Selbständige Bücher und Schriften.

Albach, H.: Die Koordination der Planung in Großunternehmen, in: Rationale Wirtschaftspolitik und Planung in der Wirtschaft von heute, Hrsg.: E. Schneider, Berlin 1967

Allan, W.A. und Roberts, H.V.: Methoden der Statistik, dt. Übersetzung, Freiburg i.B. 1960

Berthold, K.: Forschung und Entwicklung in der deutschen Großindustrie, Mannheim 1968, als Manuskript veröffentlicht

Bombach, G.: Die Theorie hinkt hinterher, in Der Volkswirt Nr. 18 Jg. 1969

Fock, D.: Die Oligopole der Stahlindustrie FIW-Schriftenreihe, Heft 43, Berlin, Bonn, München 1967

Frascati-Handbuch: Wissenschaft und Wirtschaft. OECD: Allgemeine Richtlinien für statistische Übersichten in Forschung und Entwicklung, 1966 D

Galbraith, J.K.: American Capitalism: The Concept of Countervailing Power, Cambridge 1952

Gollnik, H.: Einführung in die Ökonometrie, Stuttgart 1968

Gobmann, J.: Bestimmungsfaktoren des Konsums und der Investitionen in den Ländern der europäischen Gemeinschaften - eine ökonometrische Untersuchung, Diss. Saarbrücken 1965

Grote, F.W.: Unternehmensgröße und Konzentration in der Stahlindustrie, in: Notwendigkeit und Gefahr der wirtschaftlichen Konzentration, Hrsg. List-Gesellschaft Tübingen 1969

Gutenberg, E.: Die Produktion, Berlin, Heidelberg, New-York 1969, 16. Auflage

Hicks, J.R.: The Theory of Wages, 2. Aufl., New York 1948

Kaufer, E.: Die Ökonomie von Forschung und Entwicklung, in: Wettbewerb als Aufgabe, Hrsg.: E. J. Mestmäcker, Berlin - Zürich 1968

Kilger, W.: Industrie und Konzentration, in: Die Konzentration in der Wirtschaft, Hrsg. Verein für Sozialkritik, Berlin 1960

Köhler, H.: Walzstahlkontore; Schriftenreihe der Wirtschaftsvereinigung Eisen- und Stahlindustrie zur Wirtschafts- und Industriepolitik, Heft 8, Düsseldorf 1967

Kuznets, S.: Inventive Activity: Problems of Definition and Measurement, in: National Bureau: The Rate and Direction of Inventive Activity, Princeton 1962

Lenel, H.O.: Die Bedeutung der großen Unternehmen für den technischen Fortschritt, Tübingen 1968

Lorber, A.: Statistische Methoden für Naturwissenschaftler, Mediziner und Ingenieure, Basel 1960

Mansfield, E.: The Economic of Technical Change, London 1969

Marcuse, H. und Oppeländer, K.:	Struktur und Wachstum in der Eisen- und Stahlindustrie, Hrsg.: Ifo-Institut, Berlin-München 1969
Mellerowicz:	Forschung und Entwicklung als betriebswirtschaftliches Problem, Freiburg i.B. 1958
Menges, B.:	Ökonometrie, Wiesbaden 1961
Ott, A.E.:	Produktionsfunktion, Technischer Fortschritt und Wirtschaftswachstum, in: Wachstum und Entwicklung der Wirtschaft, Neue Wissenschaftliche Bibliothek, 23, 1968
derselbe:	Technischer Fortschritt in HdSW 10
Penrose, E.F.:	The Economics of International Patent Systems, Baltimore 1951
Prosi, G:	Technischer Fortschritt als mikroökonomisches Problem, Bern 1966
Reuter, A.:	Konzentration und Wirtschaftswachstum, Köln und Opladen 1967
Rubenstein, A.H.:	Some Common Concepts on R & D - Management, in: Research Programm Effectivness, Hrsg. M.C. Yovits, New York 1966
Sachs, L.:	Statistische Auswertungsmethoden, 2. Aufl. Berlin - Heidelberg - New-York, 1962
Schätzle, G.:	Forschung und Entwicklung als unternehmerische Aufgabe, Köln und Opladen 1965

Schmookler, J.: Changes in Industry and the State of Knowledge as Determinants of Industrial Invention, in: R. R. Nelson (Hrsg.) Technology, Economic Growth and Public Policy, The Institution, Washington 1967

Schumpeter, J.A.: Kapitalismus, Sozialismus und Demokratie, Bern 1950

Seymour, M.: The Impact of Patent System on Research, Study Nr. 11 of Subcommittee on Patents; Trademarks and Copyrights of the Committee on the Judiciary, US Senate, Washington 1958

Statistisches Bundesamt: Grundsystematik der Wirtschaftszweige

Strassmann, W.P.: The Risk of Innovation, in: 20th century Manufactering Methods, 5 Technology and Culture 1964

Vademecum deutscher Lehr- und Forschungsstätten, Hrsg. Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft, Essen 1964

2. Zeitschriftenaufsätze

Comanor, W.S.: Market Structure, Product Differentiation, and Industrial Research, Q, J. E. Bd. 81 (1967)

Denison, E. F.: AER, Bd. 54 (1964), The Importance of the Embodied Question

Griliches, Z.: Discussion in AER, PP 55 (1965) zum Vortrag von Mansfield: Technological changes: Stimuli in AER, PP 55 (1965) S. 320 ff.

Hamberg, D.:	Size of Firm, Market Structure and Innovation; J.P.E., Bd. 71 (1963)
derselbe:	Invention in Industrial Research loboratory; I.P.E. Bd. 71 (1963)
derselbe:	Size of Firm,Oligopoly, and Research, The Evidence, in: Can. J.E., Bd. 30 (1964)
Hardach, F.W.:	Die einheitliche Lenkung von Konzernen, in Z fh F, NF 13, Jg. 1961
Heuss, E.:	Das Oligopol, ein deterministischer Markt, in: Weltwirtschaftliches Archiv, Bd. 84 (1960)
Jorgenson, D.W.:	J.P.E., Bd. 74 (1966), The Embodied Hypothesis.
Kalla U, Kreutzer H.W., Ottmar H. und Pantke H.D.:	Entwicklungsrichtungen der Stahlerzeugung, in: Stahl und Eisen, Heft Nr. 21, 1970
Köhler, H.:	Vom Kontor zur Fusion, in: Volkswirt Nr. 45, Jg. 1969
Mac Laurin, W.:	The Sequence from Invention to Innovation, in Q. J.E., Bd. 67 (1953)
Mansfield, E.:	Industrial Research and Development Expenditures, in J.P.E., Bd. 72 (1964)
derselbe:	Technological Changes: Stimuli, Constraints, Returns: Rates of Return from Industrial Research and Development, in A.E.R. PP Bd. 55 (1965)

Menges, G.: Zur Grundlegung der Ökonometrie, in Zeitschrift für die Gesamte Staatswissenschaft, Bd. 115 (1959

Philips, A.: Patents, Potential Competition and Technical Progress, in A.E.R., PP, 56 (1966)

Reuter, A.: Tragen die Kleinen den Fortschritt, in: Der Volkswirt Nr. 50, 1969

Rubenstein, H.: Organizational Factors Affecting Research and Development Decision-Making in Large Decentralized Companies, in: Management Science Bd. 10 (1964)

Scherer, F.M.: Size of Firm, Oligopoly, and Research: A Comment, in Can, J.E.C.

Schmookler, J.: Economic Sources of Inventive Activity, in Economic History, 22 Jg. 1962

Sohmen, E.: Competition and Growth: The Lesson of West Germany, in A.E.R., PP 49 (1959)

Villard, H.: Competition, Oligopoly and Research, J.P.E. Bd. 66 (1958)

Wirtschaft und Wissenschaft, Jg. 1969 Heft Nr. 4, Hrsg. Stifterverband für die deutsche Wissenschaft.

Industrial Research and New Competition, J.P.E., Bd. 69 (1961)

3. Statistisches Sekundärmaterial

BMWJ - Monatsberichte, 1970

Connert: Forschung und Entwicklung in der Thyssen-Gruppe, Vortrag anläßlich des Thyssen Tages am 28.3.69

EGKS, Hohe Behörde, Sammlung: Allgemeine Ziele Stahl: Memorandum für 1970, Luxemburg 1967

Geschäftsberichte und Bilanzen der untersuchten Unternehmen für die Geschäftsjahre 1962 - 1968

Henning, H.: Entfaltung und Neuordnung der westdeutschen Montanindustrie, Bd. 10 der Beiträge zur praktischen Nationalökonomie, Bonn, 1952

Neues Zentrum der Krupp-Forschung, 2-seitiges hektographiertes Manuskript; Hrsg. Fried. Krupp, Stabsabteilung Information, Juli 1965

Ockert, W.: Hoesch-Berichte aus Forschung und Entwicklung 1966

Statistisches Jahrbuch für die BRD 1962 - 1970

Statistisches Jahrbuch der Eisen- und Stahlindustrie, Hrsg. Wirtschaftsvereinigung Eisen- und Stahlindustrie 1962 - 1969

Der Volkswirt, Nr. 4, Jg. 1970, Stahlkonzentration

Werk und Wir, eine Zeitschrift für die Mitarbeiter der Hoesch AG, 1966

Wirtschaft und Wissenschaft, Zeitschrift für die Deutsche Wissenschaft, Hrsg. Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft, Jg. 1969, Heft 1 - 6

Wirtschaftsvereinigung Eisen- und Stahlindustrie, Stahlmarkt - Daten, 1968.